



THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-334482

(P2001-334482A)

(43) 公開日 平成13年12月4日 (2001.12.4)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	メモコード <sup>*</sup> (参考)
B 2 5 J 13/00		B 2 5 J 13/00	Z
A 6 3 H 11/00		A 6 3 H 11/00	Z
B 2 5 J 5/00		B 2 5 J 5/00	C

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 41 頁)

(21) 出願番号 特願2001-88725(P2001-88725)  
 (22) 出願日 平成13年3月26日 (2001.3.26)  
 (31) 優先権主張番号 特願2000-88596(P2000-88596)  
 (32) 優先日 平成12年3月24日 (2000.3.24)  
 (33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002185  
 ソニー株式会社  
 東京都品川区北品川6丁目7番35号  
 (72) 発明者 高木 剛  
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内  
 (72) 発明者 藤田 雅博  
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内  
 (74) 代理人 100067736  
 弁理士 小池 晃 (外2名)

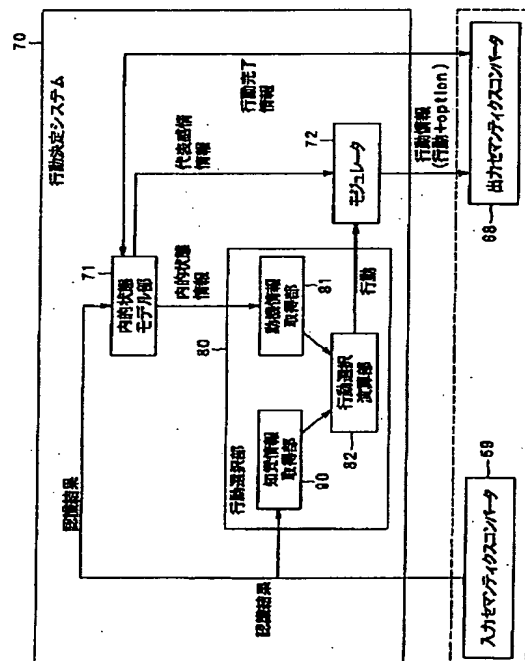
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボット装置及びロボット装置の行動決定方法

## (57) 【要約】

【課題】 生物感が向上され、より動物らしく行動するロボット装置を提供する。

【解決手段】 行動決定システム70は、CCDカメラ20、距離センサ22、マイクロホン23等が検出した外部又は内部情報であって、行動に影響する情報とされる原因因子を取得し、その取得した原因因子に基づいて、当該原因因子に影響される行動の出現傾向を取得する知覚情報取得部90及び動機情報取得部81と、知覚情報取得部90及び動機情報取得部81が取得した2つ以上の行動に対応する出現傾向であって、同一グループとされる出現傾向を比較し、その出現傾向の比較結果に基づいて、一の行動を選択する行動選択演算部82と、行動選択演算部82が選択した行動に基づいて、動作部を制御して、当該選択された行動を出現させる出力セマンティクスコンバータモジュール68とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 動作部を制御して行動を出現させるロボット装置であって、  
外部又は内部情報を検出する検出手段と、  
上記検出手段が検出した外部又は内部情報であって、行動に影響する情報とされる原因因子を取得する原因因子取得手段と、  
上記原因因子取得手段が取得した原因因子に基づいて、当該原因因子に影響される行動の出現傾向を取得する出現傾向取得手段と、  
上記出現傾向取得手段が取得した2つ以上の行動に対応する出現傾向であって、同一グループとされる出現傾向を比較する出現傾向比較手段と、  
上記出現傾向比較手段による出現傾向の比較結果に基づいて、一の行動を選択する行動選択手段と、  
上記行動選択手段が選択した行動に基づいて、動作部を制御して、当該選択された行動を出現させる動作部制御手段とを備え、  
上記行動選択手段が選択した一の行動の出現傾向は、当該行動の実際の出現により変化する原因因子に応じて変

化することを特徴とするロボット装置。  
【請求項2】 上記原因因子取得手段は、少なくとも知覚に関する原因因子及び動機に関する原因因子を取得することを特徴とする請求項1記載のロボット装置。

【請求項3】 上記原因因子取得手段は、上記動機に関する原因因子として、少なくとも本能的要素又は情動的要素からなるものを取得することを特徴とする請求項2記載のロボット装置。

【請求項4】 上記本能的要素が、疲れ(fatigue)、熱或いは体内温度(temperature)、痛み(pain)、食欲或いは飢え(hunger)、乾き(thirst)、愛情(affection)、好奇心(curiosity)、排泄(elimination)又は性欲(sexual)のうちの少なくとも1つであり、上記情動的要素が、幸せ(happiness)、悲しみ(sadness)、怒り(anger)、驚き(surprise)、嫌悪(disgust)、恐れ(fear)、苛立ち(frustration)、退屈(boredom)、睡眠(somnolence)、社交性(gregariousness)、根気(patience)、緊張(tense)、リラックス(relaxed)、警戒(alertness)、罪(guilt)、悪意(spice)、誠実さ(loyalty)、服従性(submission)又は嫉妬(jealousy)の内の少なくとも1つであることを特徴とする請求項3記載のロボット装置。

【請求項5】 出現可能とされる複数の行動が階層構造として構築され、同一グループとされる複数の下位の行動が上位の行動の具体的な行動を示す行動選択システムを有し、  
上記出現傾向比較手段は、上記上位の行動に対応されるグループ内の複数の下位の行動について出現傾向を比較し、  
上記行動選択手段は、上記出現傾向比較手段による出現

傾向の比較結果に基づいて、一の下位の行動を選択し、  
上記動作部制御手段は、上記行動選択手段が選択した行動が最下位の行動であるときに、当該最下位の行動に基づいて、動作部を制御することを特徴とする請求項1記載のロボット装置。

【請求項6】 上記原因因子取得手段は、知覚に関する原因因子及び動機に関する原因因子を取得していき、  
上記出現傾向取得手段は、少なくとも最下位層の行動については、上記知覚に関する原因因子に基づいて、当該最下位層の行動の出現傾向を取得することを特徴とする請求項5記載のロボット装置。

【請求項7】 各行動に対応して、行動選択のための複数のオブジェクトを有しており、  
上記原因因子取得手段、上記出現傾向取得手段及び上記行動選択手段は、各オブジェクトにより実現していることを特徴とする請求項1記載のロボット装置。

【請求項8】 上記出現傾向比較手段は、比較する行動の出現傾向の間で排他処理をして、複数の出現傾向を比較することを特徴とする請求項1記載のロボット装置。

【請求項9】 上記検出手段はセンサであることを特徴とする請求項1記載のロボット装置。

【請求項10】 上記原因因子取得手段は、上記センサが検出した外部又は内部情報とされるセンサ情報から、行動を評価するための原因因子を取得することを特徴とする請求項9記載のロボット装置。

【請求項11】 ロボット装置の外部又は内部情報を検出手段により検出する情報検出工程と、

上記情報検出工程にて検出した外部又は内部情報のロボット装置の行動に影響する情報とされる原因因子を取得する原因因子取得工程と、

上記原因因子取得工程にて取得した原因因子に基づいて、当該原因因子に影響される行動の出現傾向を取得する出現傾向取得工程と、

上記出現傾向取得工程にて取得した2つ以上の行動に対応する出現傾向であって、同一グループとされる出現傾向を比較する出現傾向比較工程と、

上記出現傾向比較工程における出現傾向の比較結果に基づいて、一の行動を選択する行動選択工程と、

上記行動選択工程にて選択された行動に基づいて、上記ロボット装置の動作部を制御して、当該ロボット装置に上記選択された行動を出現させる動作部制御工程とを有し、

上記行動選択工程にて選択された一の行動の出現傾向は、当該行動の実際の出現により変化する原因因子に応じて変化することを特徴とするロボット装置の行動決定方法。

【請求項12】 上記原因因子取得工程では、少なくとも知覚に関する原因因子及び動機に関する原因因子を取得することを特徴とする請求項11記載のロボット装置の行動決定方法。

【請求項13】 上記原因因子取得工程では、上記動機に関する原因因子として、少なくとも本能的要素又は情動的要素からなるものを取得することを特徴とする請求項12記載のロボット装置の行動決定方法。

【請求項14】 上記本能的要素が、疲れ(fatigue)、熱或いは体内温度(temperature)、痛み(pain)、食欲或いは飢え(hunger)、乾き(thirst)、愛情(affection)、好奇心(curiosity)、排泄(elimination)又は性欲(sexual)のうちの少なくとも1つであり、上記情動的要素が、幸せ(happiness)、悲しみ(sadness)、怒り(anger)、驚き(surprise)、嫌悪(disgust)、恐れ(fear)、苛立ち(frustration)、退屈(boredom)、睡眠(somnolence)、社交性(gregariousness)、根気(patience)、緊張(tense)、リラックス(relaxed)、警戒(alertness)、罪(quilt)、悪意(spite)、誠実さ(loyalty)、服従性(submission)又は嫉妬(jalousy)の内の少なくとも1つであることを特徴とする請求項13記載のロボット装置の行動決定方法。

【請求項15】 上記ロボット装置が、出現可能とされる複数の行動の情報を階層構造として構築され、同一グループとされる複数の下位の行動が上位の行動の具体的な行動を示す行動選択システムを有し、

上記出現傾向取得工程では、上記上位の行動に対応されるグループ内の複数の下位の行動について出現傾向を比較し、

上記行動選択工程では、下位の行動の出現傾向の比較結果に基づいて、一の下位の行動を選択し、

上記動作部制御工程では、上記行動選択工程にて選択された行動が最下位の行動であるときに、当該最下位の行動に基づいて、ロボット装置の動作部を制御することを特徴とする請求項11記載のロボット装置の行動決定方法。

【請求項16】 上記原因因子取得工程では、知覚に関する原因因子及び動機に関する原因因子を取得し、上記出現傾向取得工程では、少なくとも最下位層の行動については、上記知覚に関する原因因子に基づいて、当該最下位層の行動の出現傾向を取得することを特徴とする請求項15記載のロボット装置の行動決定方法。

【請求項17】 ロボット装置が、各行動に対応して、行動選択のための複数のオブジェクトを有しており、上記原因因子取得工程、上記出現傾向取得工程及び上記行動選択工程は、各オブジェクトにより実行されることを特徴とする請求項11記載のロボット装置の行動決定方法。

【請求項18】 上記出現傾向比較工程では、比較する行動の出現傾向の間で排他処理をして、複数の出現傾向を比較することを特徴とする請求項11記載のロボット装置の行動決定方法。

【請求項19】 上記検出手段がセンサであることを特

徴とする請求項11記載のロボット装置の行動決定方法。

【請求項20】 上記原因因子取得工程では、上記センサが検出した外部又は内部情報とされるセンサ情報から、行動を評価するための原因因子を取得することを特徴とする請求項19記載のロボット装置の行動決定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、自律的に行動するロボット装置及びそのようなロボット装置の行動を決定するロボット装置の行動決定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、動物を模した形状とされたロボット装置、いわゆるペットロボットが提案されている。このようなロボット装置は、一般家庭において飼育される犬や猫に似た形状を有し、ユーザ(飼い主)からの「叩く」や「撫でる」といった働きかけや、周囲の環境等に応じて自律的に行動する。例えば、自律的な行動として、実際の動物と同様に、「吠える」、「寝る」等といった行動をする。

【0003】ところで、ロボット装置が実際の動物のような行動に、より近づくことができれば、ロボット装置の生物感が一層増し、ユーザ(飼い主)は、ロボット装置に一層の親近感や満足感を感じる。これにより、ロボット装置のアミューズメント性が向上する。

【0004】例えば、実際の動物のような行動に行動をさせるものとして、動物行動学的なアプローチからロボット装置の行動決定をするようなことが考えられる。

【0005】動物行動的なアプローチからなされた行動研究の成果として、例えば、物行動学者のSibly, McFarlandらが動機付け空間表象の状態を1975年に論文で発表している(“動物コミュニケーション”西村書店)。また、Ludlowは1976年に行動の競合モデルについて発表している。そして、これらの成果をBruce Mitchell Blumberg(Bruce of Arts, Amherst College, 1977, Master of Sciences, Sloan School of Management, MIT, 1981)が「Old Tricks, New Dogs: Ethology and Interactive Creatures」(1997年4月)において検証している。Bruce Mitchell Blumbergは、3DのCG(コンピュータグラフィック)の犬に対して上述した理論を適用し、行動選択メカニズムとして検証している。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、Bruce Mitchell Blumbergは、CGモデルにて動物の行動選択メカニズムについて検証しており、実世界で存在するロボット装置に適用したものではない。

【0007】CGなどのコンピュータシステムのディスプレイ等に表示される仮想生物では、行動選択と行動実現とを直接結びつけること(行動選択=行動実現)が可

能であるため、行動の選択による動機へのフィードバックが可能であるが、実際のロボットでは、行動選択と行動実現とを直接結びつけることができるとは限らない（すなわち、行動選択＝行動実現となるとは限らない）。これは、以下のようなことが理由として挙げられる。

【0008】反射行動などの計画された行動とは無関係に実行される行動によって、打ち消される可能性がある。

【0009】センサからの入力のフィードバックを使用しないと、行動が真の意味で実現できたか分からない場合がある。

【0010】このような理由において後者の具体的な例としては“足でボールを蹴る”の行動を、ボールとの距離が蹴ることが可能な距離に到達した時点で行動が選択され、行動命令が出力されたとしても、ボールが置かれているところに傾斜があったりすると、蹴れない場合が存在する。“足でボールを蹴る”の行動結果としての“ボールを蹴れた”を認識するためには、ボールとロボット装置が接触し、ボールが前方に進んだことを認識して、初めて“蹴れた”とできるのである。すなわち、ロボット装置が有するセンサのセンサ情報を使用して行動に対する評価を行い、ロボット装置の内部状態を変化させることが必要になる。

【0011】このように、上述したようなBruce Mitchell Blumbergが提唱する技術だけでは、実世界での存在であるロボット装置の行動を決定することは不可能である。

【0012】そこで、本発明は、上述の実情に鑑みてなされたものであり、より生物感が向上されたロボット装置及びロボット装置の行動決定方法の提供を目的としている。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明に係るロボット装置は、上述の課題を解決するために、動作部を制御して行動を出現させるロボット装置であって、外部又は内部情報を検出する検出手段と、検出手段が検出した外部又は内部情報であって、行動に影響する情報とされる原因因子を取得する原因因子取得手段と、原因因子取得手段が取得した原因因子に基づいて、当該原因因子に影響される行動の出現傾向を取得する出現傾向取得手段と、出現傾向取得手段が取得した2つ以上の行動に対応する出現傾向であって、同一グループとされる出現傾向を比較する出現傾向比較手段と、出現傾向比較手段による出現傾向の比較結果に基づいて、一の行動を選択する行動選択手段と、行動選択手段が選択した行動に基づいて、動作部を制御して、当該選択された行動を出現させる動作部制御手段とを備え、行動選択手段が選択した一の行動の出現傾向が、当該行動の実際の出現により変化する原因因子に応じて変化する。

【0014】このような構成を備えたロボット装置は、外部又は内部情報を検出手段により検出し、検出手段が検出した外部又は内部情報であって、行動に影響する情報とされる原因因子を原因因子取得手段により取得し、原因因子取得手段が取得した原因因子に基づいて、当該原因因子に影響される行動の出現傾向を出現傾向取得手段により取得する。

【0015】そして、ロボット装置は、出現傾向取得手段が取得した2つ以上の行動に対応する出現傾向であって、同一グループとされる出現傾向を出現傾向比較手段により比較し、出現傾向比較手段による出現傾向の比較結果に基づいて、一の行動を行動選択手段により選択し、行動選択手段が選択した行動に基づいて、動作部を動作部制御手段により制御して、当該選択された行動を出現させる。そして、行動選択手段が選択した一の行動の出現傾向は、当該行動の実際の出現により変化する原因因子に応じて変化する。

【0016】このようなロボット装置は、原因因子に影響されて決定される出現傾向について比較することで、一の行動を選択しており、動物行動学的なアプローチとしての行動を出現するようになる。

【0017】また、本発明に係るロボット装置の行動決定方法は、上述の課題を解決するために、ロボット装置の外部又は内部情報を検出手段により検出する情報検出工程と、情報検出工程にて検出した外部又は内部情報のロボット装置の行動に影響する情報とされる原因因子を取得する原因因子取得工程と、原因因子取得工程にて取得した原因因子に基づいて、当該原因因子に影響される行動の出現傾向を取得する出現傾向取得工程と、出現傾向取得工程にて取得した2つ以上の行動に対応する出現傾向であって、同一グループとされる出現傾向を比較する出現傾向比較工程と、出現傾向比較工程における出現傾向の比較結果に基づいて、一の行動を選択する行動選択工程と、行動選択工程にて選択された行動に基づいて、ロボット装置の動作部を制御して、当該ロボット装置に選択された行動を出現させる動作部制御工程とを有し、行動選択工程にて選択された一の行動の出現傾向が、当該行動の実際の出現により変化する原因因子に応じて変化する。

【0018】このようなロボット装置の行動決定方法は、ロボット装置の外部又は内部の情報とされる外部又は内部情報を情報検出工程にて検出手段により検出し、情報検出工程にて検出した外部又は内部情報のロボット装置の行動に影響する情報とされる原因因子を原因因子取得工程にて取得し、原因因子取得工程にて取得した原因因子に基づいて、当該原因因子に影響される行動の出現傾向を出現傾向取得工程にて取得する。

【0019】そして、ロボット装置の行動決定方法は、出現傾向取得工程にて取得した2つ以上の行動に対応する出現傾向であって、同一グループとされる出現傾向を

出現傾向比較工程にて比較し、出現傾向比較工程における出現傾向の比較結果に基づいて、一の行動を行動選択工程にて選択し、行動選択工程にて選択された行動に基づいて、ロボット装置の動作部を動作部制御工程にて制御して、当該ロボット装置に選択された行動を出現させる。そして、行動選択工程にて選択された一の行動の出現傾向は、当該行動の実際の出現により変化する原因因子に応じて変化する。

【0020】このようなロボット装置の行動決定方法により、ロボット装置は、原因因子に影響されて決定される出現傾向について比較することで、一の行動を選択しており、動物行動学的なアプローチとしての行動を出現するようになる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を用いて詳しく説明する。この実施の形態は、本発明を、外的要因及び内的要因に基づいて本能及び感情の状態を変化させて、この本能及び感情の状態に応じて行動をするロボット装置に適用したものである。

【0022】実施の形態では、まず、ロボット装置の構成について説明して、その後、ロボット装置における本発明の適用部分について詳細に説明する。

【0023】(1) 本実施の形態によるロボット装置の構成

図1に示すように、「犬」を模した形状のいわゆるベットロボットとされ、胴体部ユニット2の前後左右にそれぞれ脚部ユニット3A、3B、3C、3Dが連結されると共に、胴体部ユニット2の前端部及び後端部にそれぞれ頭部ユニット4及び尻尾部ユニット5が連結されて構成されている。

【0024】胴体部ユニット2には、図2に示すように、CPU (Central Processing Unit) 10、DRAM (Dynamic Random Access Memory) 11、フラッシュROM (Read Only Memory) 12、PC (Personal Computer) カードインターフェース回路13及び信号処理回路14が内部バス15を介して相互に接続されることにより形成されたコントロール部16と、このロボット装置1の動力源としてのバッテリー17とが収納されている。また胴体部ユニット2には、ロボット装置1の向きや動きの加速度を検出するための角速度センサ18及び加速度センサ19なども収納されている。

【0025】また、頭部ユニット4には、外部の状況を撮像するためのCCD (Charge Coupled Device) カメラ20と、ユーザからの「撫でる」や「叩く」といった物理的な働きかけにより受けた圧力を検出するためのタッチセンサ21と、前方に位置する物体までの距離を測定するための距離センサ22と、外部音を集音するためのマイクロホン23と、鳴き声等の音声を出力するためのスピーカ24と、ロボット装置1の「目」に相当するLED (Light Emitting Diode) (図示せず) などが

それぞれ所定位置に配置されている。

【0026】さらに、各脚部ユニット3A～3Dの関節部分や各脚部ユニット3A～3D及び胴体部ユニット2の各連結部分、頭部ユニット4及び胴体部ユニット2の連結部分、並びに尻尾部ユニット5の尻尾5Aの連結部分などにはそれぞれ自由度数分のアクチュエータ2

5<sub>1</sub>、25<sub>2</sub>、・・・及びポテンショメータ26<sub>1</sub>、26<sub>2</sub>、・・・が配設されている。例えば、アクチュエータ25<sub>1</sub>、25<sub>2</sub>、・・・はサーボモータを構成として有している。サーボモータの駆動により、脚部ユニット3A～3Dが制御されて、目標の姿勢或いは動作に移移する。

【0027】そして、これら角速度センサ18、加速度センサ19、タッチセンサ21、距離センサ22、マイクロホン23、スピーカ24及び各ポテンショメータ26<sub>1</sub>、26<sub>2</sub>、・・・などの各種センサ並びにLED及び各アクチュエータ25<sub>1</sub>、25<sub>2</sub>、・・・は、それぞれ対応するハブ27<sub>1</sub>～27<sub>7</sub>を介してコントロール部16の信号処理回路14と接続され、CCDカメラ20及びバッテリー17は、それぞれ信号処理回路14と直接接続されている。

【0028】信号処理回路14は、上述の各センサから供給されるセンサデータや画像データ及び音声データを順次取り込み、これらをそれぞれ内部バス15を介してDRAM11内の所定位置に順次格納する。また信号処理回路14は、これと共にバッテリー17から供給されるバッテリー残量を表すバッテリー残量データを順次取り込み、これをDRAM11内の所定位置に格納する。

【0029】このようにしてDRAM11に格納された各センサデータ、画像データ、音声データ及びバッテリー残量データは、この後CPU10がこのロボット装置1の動作制御を行う際に利用される。

【0030】實際上CPU10は、ロボット装置1の電源が投入された初期時、胴体部ユニット2の図示しないPCカードスロットに装填されたメモ리카ード28又はフラッシュROM12に格納された制御プログラムをPCカードインターフェース回路13を介して又は直接読み出し、これをDRAM11に格納する。

【0031】また、CPU10は、この後上述のように信号処理回路14よりDRAM11に順次格納される各センサデータ、画像データ、音声データ及びバッテリー残量データに基づいて自己及び周囲の状況や、ユーザからの指示及び働きかけの有無などを判断する。

【0032】さらに、CPU10は、この判断結果及びDRAM11に格納した制御プログラムに基づいて続く行動を決定すると共に、当該決定結果に基づいて必要なアクチュエータ25<sub>1</sub>、25<sub>2</sub>、・・・を駆動させることにより、頭部ユニット4を上下左右に振らせたり、尻尾部ユニット5の尻尾5Aを動かしたり、各脚部ユニット3A～3Dを駆動させて歩行させるなどの行動を行わせ

る。

【0033】またこの際CPU10は、必要に応じて音声データを生成し、これを信号処理回路14を介して音声信号としてスピーカ24に与えることにより当該音声信号に基づく音声を外部に出力させたり、上述のLEDを点灯、消灯又は点滅させる。

【0034】このようにしてこのロボット装置1においては、自己及び周囲の状況や、ユーザからの指示及び働きかけに応じて自律的に行動し得るようになされている。

【0035】(2)制御プログラムのソフトウェア構成ここでロボット装置1における上述の制御プログラムのソフトウェア構成は、図3に示すようになる。この図3において、デバイス・ドライバ・レイヤ30は、この制御プログラムの最下位層に位置し、複数のデバイス・ドライバからなるデバイス・ドライバ・セット31から構成されている。この場合各デバイス・ドライバは、CCDカメラ20(図2)やタイマ等の通常のコンピュータで用いられるハードウェアに直接アクセスすることを許されたオブジェクトであり、対応するハードウェアから

の割り込みを受けて処理を行う。

【0036】また、ロボティック・サーバ・オブジェクト32は、デバイス・ドライバ・レイヤ30の最下位層に位置し、例えば上述の各種センサやアクチュエータ25<sub>1</sub>, 25<sub>2</sub>, ...等のハードウェアにアクセスするためのインターフェースを提供するソフトウェア群でなるバーチャル・ロボット33と、電源の切り換えなどを管理するソフトウェア群でなるパワーマネージャ34と、他の種々のデバイス・ドライバを管理するソフトウェア群でなるデバイス・ドライバ・マネージャ35と、ロボ

ット装置1の機構を管理するソフトウェア群でなるデザインド・ロボット36とから構成されている。

【0037】マネージャ・オブジェクト37は、オブジェクト・マネージャ38及びサービス・マネージャ39から構成されている。この場合オブジェクト・マネージャ38は、ロボティック・サーバ・オブジェクト32、ミドル・ウェア・レイヤ40、及びアプリケーション・レイヤ41に含まれる各ソフトウェア群の起動や終了を管理するソフトウェア群であり、サービス・マネージャ39は、メモリカード28(図2)に格納されたコネクションファイルに記述されている各オブジェクト間の接続情報に基づいて各オブジェクトの接続を管理するソフトウェア群である。

【0038】ミドル・ウェア・レイヤ40は、ロボティック・サーバ・オブジェクト32の上位層に位置し、画像処理や音声処理などのこのロボット装置1の基本的な機能を提供するソフトウェア群から構成されている。また、アプリケーション・レイヤ41は、ミドル・ウェア・レイヤ40の上位層に位置し、当該ミドル・ウェア・レイヤ40を構成する各ソフトウェア群によって処理さ

れた処理結果に基づいてロボット装置1の行動を決定するためのソフトウェア群から構成されている。

【0039】なおミドル・ウェア・レイヤ40及びアプリケーション・レイヤ41の具体的なソフトウェア構成をそれぞれ図4に示す。

【0040】ミドル・ウェア・レイヤ40においては、図4に示すように、騒音検出用、温度検出用、明るさ検出用、音階認識用、距離検出用、姿勢検出用、タッチセンサ用、動き検出用及び色認識用の各信号処理モジュール50～58並びに入力セマンティクスコンバータモジュール59などを有する認識系60と、出力セマンティクスコンバータモジュール68並びに姿勢管理用、トラッキング用、モーション再生用、歩行用、転倒復帰用、LED点灯用及び音再生用の各信号処理モジュール61～67などを有する認識系60とから構成されている。

【0041】認識系60の各信号処理モジュール50～58は、ロボティック・サーバ・オブジェクト32のバーチャル・ロボット33によりDRAM11(図2)から読み出される各センサデータや画像データ及び音声データのうちの対応するデータを取り込み、当該データに基づいて所定の処理を施して、処理結果を入力セマンティクスコンバータモジュール59に与える。ここで、例えば、バーチャル・ロボット33は、所定の通信規約によって、信号の授受或いは交換をする部分として構成されている。

【0042】入力セマンティクスコンバータモジュール59は、これら各信号処理モジュール50～58から与えられる処理結果に基づいて、「うるさい」、「暑い」、「明るい」、「ボールを検出した」、「転倒を検出した」、「撫でられた」、「叩かれた」、「ドミソの音階が聞こえた」、「動く物体を検出した」又は「障害物を検出した」などの自己及び周囲の状況や、ユーザからの指令及び働きかけを認識し、認識結果をアプリケーション・レイヤ41(図2)に出力する。なお、アプリケーション・レイヤ41には、後述する行動決定のための行動決定システムが構築されている。

【0043】一方、出力系69では、出力セマンティクスコンバータモジュール68が、行動情報に基づいて、各信号処理モジュール61～67を制御する。すなわち、例えば、認識系60の認識結果に応じて、「うるさい」、「暑い」、「明るい」、「ボールを検出した」、「転倒を検出した」、「撫でられた」、「叩かれた」、「ドミソの音階が聞こえた」、「動く物体を検出した」又は「障害物を検出した」などの自己及び周囲の状況や、ユーザからの指令及び働きかけなどに対応して制御情報(コマンド)を各信号処理モジュール61～67に出力する。

【0044】出力セマンティクスコンバータモジュール68に入力される行動情報は、「前進」、「喜ぶ」、「鳴く」又は「トラッキング(ボールを追いかける)」

10

20

30

40

50



といった抽象的な行動コマンドであって、出力セマンティクスコンバータモジュール68は、それらの行動コマンドを対応する各信号処理モジュール61～67に与える。そして、出力セマンティクスコンバータモジュール68に入力される行動情報は、上位の情報処理部とされる行動決定システムからのものであるが、本発明に係る要部であり、後で詳述するところである。

【0045】そして、各信号処理モジュール61～67は、出力セマンティクスコンバータモジュール68からの行動コマンドに基づいて、各デバイスを制御する制御信号を、バーチャル・ロボット33に出力する。具体的には、信号処理モジュール61～67は、行動コマンドが与えられると当該行動コマンドに基づいて、その行動を行うために対応するアクチュエータ25<sub>1</sub>、25<sub>2</sub>、・・・（図2）に与えるべきサーボ指令値や、スピーカ24（図2）から出力する音の音声データ及び又は「目」のLEDに与える駆動データを生成し、これらのデータをロボティック・サーバ・オブジェクト32のバーチャルロボット33及び信号処理回路14（図2）を順次介して対応するアクチュエータ25<sub>1</sub>、25<sub>2</sub>、・・・又はスピーカ24又はLEDに順次送出する。

【0046】各デバイスがバーチャル・ロボット33からの信号（コマンド）に基づいて制御されることにより、ロボット装置1により、所定の行動の出現がなされるようになる。

【0047】次に、入力セマンティクスコンバータモジュール59からの認識結果に基づいて次の行動（遷移する行動或いは目的の行動）を決定し、当該決定した行動の情報を出力セマンティクスコンバータモジュール68に出力する行動決定システムについて説明する。

【0048】（3）ロボット装置の行動決定システムの構成

ロボット装置1は、図5に示すような行動決定システム70により行動を決定している。行動決定システム70は、入力セマンティクスコンバータモジュール59からの認識結果に基づいて行動を決定し、その行動を出力セマンティクスコンバータモジュール68に出力している。具体的には、ロボット装置1は、行動選択部80、内的状態モデル部71及びモジュレータ72を備えている。

【0049】行動選択部80は、複数の行動から所望の行動を選択する。具体的には、行動選択部80は、入力セマンティクスコンバータモジュール59の認識結果に基づいて所望の行動を選択する。例えば、行動選択部80は、知覚情報取得部90、動機情報取得部81及び行動選択演算部82を備え、行動の選択をする。

【0050】このような行動決定システム70において、知覚情報取得部90及び動機情報取得部81は、CCDカメラ20、距離センサ22、マイクロホン23等の外部又は内部情報を検出する検出手段が検出した外部

又は内部情報であって、行動に影響する情報とされる原因因子を取得する原因因子取得手段及び原因因子取得手段として取得した原因因子に基づいて、当該原因因子に影響される行動の出現傾向を取得する出現傾向取得手段を構成し、行動選択演算部82は、知覚情報取得部90及び動機情報取得部81が取得した2つ以上の行動に対応する出現傾向であって、同一グループとされる出現傾向を比較する出現傾向比較手段及び出現傾向比較手段による出現傾向の比較結果に基づいて、一の行動を選択する行動選択手段を構成し、出力セマンティクスコンバータモジュール68は、行動選択演算部82が選択した行動に基づいて、動作部を制御して、当該選択された行動を出現させる動作部制御手段を構成する。

【0051】ここで、行動選択部80は、知覚情報取得部90が認識結果から取得した知覚情報と、動機情報取得部81が内的状態モデル部71からの内的状態情報から取得した動機情報とに基づいて、行動選択演算部82において行動を選択する。この行動選択部80については、後で詳述する。

【0052】一方、内的状態モデル部71は、外的要因や内的要因に応じてロボット装置1の本能及び感情の状態（内的状態）を変化させる内部状態モデルを有している。ここで、外的要因とは、例えば、叩かれた情報、撫でられた情報、或いはユーザからの命令などである。また、内的要因は、バッテリー残量が少ないや体温が上昇しているなどの情報である。

【0053】具体的には、内的状態モデル部71は、入力セマンティクスコンバータモジュール59の認識結果に基づいて、内的状態を変化させており、内的状態の情報を行動選択部80及びモジュレータ72に出力している。

【0054】動機情報取得部81では、この内的状態情報に基づいて動機情報を取得する。これについては、後で詳述する。

【0055】一方、モジュレータ72は、最終的に出現させる行動情報（行動コマンド）を生成する部分である。具体的には、モジュレータ72は、行動選択部80にて選択された行動と、内的状態モデル部71からの内的状態の情報とから最終的に出現させる行動情報を生成し、出力セマンティクスコンバータモジュール68に出力する。

【0056】このモジュレータ72により、行動選択部80により決定（選択）された行動に、内的状態モデル部71により得られる本能や感情の状態を付加させたものとして、ロボット装置1に行動を出現させることができるようになる。すなわち、例えば、行動選択部80では認識結果等から次の行動として「リンゴを食べる」といった行動が選択され、一方、内的状態モデル部71では、認識結果により現在のロボット装置1の内的状態として例えば「怒っている」が取得される。そして、モジ

ュレータ72では、それらの情報に基づいて、「リングを食べる」の行動に「怒っている」の内的状態を付加させて、「不機嫌にリングを食べる」の行動の情報を生成して、その情報を出力セマンティクスコンバータモジュール68に出力する。出力セマンティクスコンバータモジュール68は、各信号処理モジュール61～67に信号を送り、各デバイスを制御して動作部を制御するので、これにより、ロボット装置1は、次の行動(目的の行動)として不機嫌にリングを食べる行動を出現させるようになる。

【0057】また、内的状態モデル部71において生成される本能や感情の状態を示す内的状態情報にあっては、ロボット装置1が行動を決定(選択)する際の情報としても使用され、さらに、決定された行動に対しても表出される(付加される)かたちで使用されている。

【0058】このように行動決定システム70は、認識結果に基づいて行動を決定している。以下、この行動決定システム70を構成する各部についてさらに詳しく説明する。

【0059】(3-1)内的状態モデル部の構成  
内的状態モデル部71は、外的要因及び内的要因に応じて本能及び感情といった内的状態を変化させている。そして、内的状態モデル部71によって得られる本能及び感情の状態は、上述したように、ロボット装置1が行動を決定する際の情報として使用され、さらに、決定された行動に対しても表出される(付加される)かたちでも使用される。

【0060】この内的状態モデル部71は、外的要因や内的要因に応じて変化する本能(欲求)や性格に関わる要素を複数有して構成されている。

【0061】具体的には、内的状態モデル部71は、疲れ(fatigue)、熱或いは体内温度(temperature)、痛み(pain)、食欲或いは飢え(hunger)、乾き(thirst)

$$E[t+1]=E[t]+k_e \times \Delta E[t]$$

【0065】内的状態モデル部71は、このように示される(1)式により上述の「幸せ」などの全て情動のパラメータ値を更新する。

【0066】なお、各認識結果や出力セマンティクスコンバータモジュール68からの通知が各情動のパラメータ値の変動量 $\Delta E[t]$ にどの程度の影響を与えるかは予め決められており、例えば「叩かれた」といった認識結果は「怒り」の情動のパラメータ値の変動量 $\Delta E$

$[t]$ に大きな影響を与え、「撫でられた」といった認識結果は「喜び」の情動のパラメータ値の変動量 $\Delta E[t]$ に大きな影響を与えるようになっている。

【0067】ここで、出力セマンティクスコンバータモジュール68からの通知とは、いわゆる行動のフィードバック情報(行動完了情報)であり、行動の出現結果の情報であり、内的状態モデル部71は、このような情報

\*t)、愛情(affection)、好奇心(curiosity)、排泄(elimination)及び性欲(sexual)等といった9個の本能的要素と、幸せ(happiness)、悲しみ(sadness)、怒り(anger)、驚き(surprise)、嫌悪(disgust)、恐れ(fear)、苛立ち(frustration)、退屈(boredom)、睡眠(somnolence)、社交性(gregariousness)、根気(patience)、緊張(tense)、リラックス(relaxed)、警戒(alertness)、罪(quilt)、悪意(spite)、誠実さ(loyalty)、服従性(submission)及び嫉妬(jealousy)等といった18個の情動的要素とを有し、全体として27個の内的状態を示す要素を持っている。

【0062】情動的要素は、各情動毎にその情動の強さを表すパラメータを保持している。そして、内的状態モデル部71では、これらの各要素のパラメータ値を、それぞれ入力セマンティクスコンバータモジュール59から与えられる「叩かれた」及び「撫でられた」などの特定の認識結果と、経過時間などに基づいて周期的に変更する。

【0063】具体的には、情動的要素は、入力セマンティクスコンバータモジュール59から与えられる認識結果と、そのときのロボット装置1の行動と、前回更新してからの経過時間などに基づいて所定の演算式により算出されるそのときのその情動の変動量を $\Delta E[t]$ 、現在のその情動のパラメータ値を $E[t]$ 、その情動の感度を表す係数を $k$ 。として、(1)式によって次の周期におけるその情動のパラメータ値 $E[t+1]$ を算出し、これを現在のその情動のパラメータ値 $E[t]$ と置き換えるようにしてその情動のパラメータ値を更新する。

【0064】

【数1】

$$\dots (1)$$

によっても感情を変化させる。なお、内的状態モデル部71は、同様に、後述する本能も変化させる。

【0068】これは、例えば、「吠える」といった行動により怒りの感情レベルが下がるというようなことである。なお、行動結果のフィードバックは、モジュレータ72の出力(感情が付加された行動)によりなされるものであってもよい。

【0069】一方、本能的要素は、欲求(本能)ごとにその欲求の強さを表すパラメータを保持している。そして、本能的要素は、これら欲求のパラメータ値を、それぞれ入力セマンティクスコンバータモジュール59から与えられる認識結果や、経過時間及び出力セマンティクスコンバータモジュール68からの通知などに基づいて周期的に更新する。

【0070】具体的に本能的要素は、「疲れ」、「愛

情」、及び、「好奇心」、「性欲」、「排泄」の認識結果、経過時間及び出力セマンティクスコンバータモジュール68からの通知などに基づいて所定の演算式により算出されるそのときのその欲求の変動量を $\Delta I[k]$ 、現在のその欲求のパラメータ値を $I[k]$ 、その欲求の感度を表す係数 $k_i$ として、所定周期で(2)式を用い\*

$$I[k+1] = I[k] + k_i \times \Delta I[k]$$

【0072】内的状態モデル部71は、この(2)式により上述の疲れなどの全て本能(欲求)のパラメータ値を更新する。

【0073】なお、認識結果及び出力セマンティクスコンバータモジュール68からの通知などが各本能的要素の各欲求のパラメータ値の変動量 $\Delta I[k]$ にどの程度の影響を与えるかは予め決められており、例えば出力セマンティクスコンバータモジュール68からの通知は、「疲れ」のパラメータ値の変動量 $\Delta I[k]$ に大きな影響を与えるようになっている。

【0074】また、以下に示すように、所定の欲求のパラメータ値を決定することもできる。

【0075】本能的要素のうち、「痛み」については、※

$$I[k] = K_1 \times N - K_2 \times t$$

【0077】また、「熱」については、入力セマンティクスコンバータモジュール59を介して与えられる温度検出用の信号処理モジュール51からの温度データに基づいて、温度を $T$ とし、外気温を $T_0$ とし、温度上昇係数 $K_3$ として、(4)式により、「熱」のパラメータ値 $I[k]$ を算出し、この演算結果を現在の熱のパラメータ★

$$I[k] = (T - T_0) \times K_3$$

【0079】また、「食欲」については、入力セマンティクスコンバータモジュール59を介して与えられるバッテリー残量データ(図示しないバッテリー残量検出用のモジュールが得た情報)に基づいて、バッテリー残量を $B_L$ として、所定周期で、(5)式により、「食欲」のパラ☆

$$I[k] = 100 - B_L$$

【0081】また、「乾き」については、入力セマンティクスコンバータモジュール59を介して与えられるバッテリー残量変化速度に基づいて、時刻 $t$ におけるバッテリー残量を $B_L(t)$ とし、今時刻 $t_1$ と $t_2$ でバッテリー残量データを取得したとすると、(6)式により、「乾◆

$$I[k] = \{B_L(t_2) - B_L(t_1)\} / (t_2 - t_1)$$

【0083】なお、本実施の形態においては、各情動及び各欲求(本能)のパラメータ値がそれぞれ0から100までの範囲で変動するように規制されており、また係数 $k_i$ 、 $k_j$ の値も各情動及び各欲求ごとに個別に設定され

\*て次の周期におけるその欲求のパラメータ値 $I[k+1]$ を算出し、この演算結果を現在のその欲求のパラメータ値 $I[k]$ と置き換えるようにしてその欲求のパラメータ値を更新する。

【0071】

【数2】

... (2)

※ミドル・ウェア・レイヤ40の姿勢検出用の信号処理モジュール55と、入力セマンティクスコンバータモジュール59を介して通知される異常姿勢の回数に基づいて、回数を $N$ とし、痛みの強さを $K_1$ とし、痛みが減少する速度の定数を $K_2$ とし、(3)式により、「痛み」のパラメータ値 $I[k]$ を算出し、この演算結果を現在の痛みのパラメータ値 $I[k]$ と置き換えるようにして当該「痛み」のパラメータ値を変更する。ただし、 $I[k] < 0$ のときは $I[k] = 0$ 、 $t = 0$ 、 $N = 0$ とする。

【0076】

20 【数3】

... (3)

★た値 $I[k]$ と置き換えるようにして当該「熱」のパラメータ値を更新する。 $T - T_0 < 0$ のときには、 $I[k] = 0$ とする。

【0078】

【数4】

... (4)

☆メータ値 $I[k]$ を算出し、この演算結果を現在の食欲パラメータ値 $I[k]$ と置き換えることによりして当該「食欲」のパラメータ値を更新する。

【0080】

【数5】

... (5)

◆き」のパラメータ値 $I[k]$ を算出し、この演算結果を現在の乾きパラメータ値 $I[k]$ と置き換えるようにして当該「乾き」のパラメータを更新する。

【0082】

【数6】

ている。

【0084】以上述べたように内的状態モデル部71が構成され、ロボット装置1は、この内的状態モデル部71により、自己及び周囲の状況や、ユーザからの指示及

び働きかけに応じて、本能（欲求）や感情の状態（パラメータ）を変化させて自律的な行動を行うことができるようになされている。

【0085】（3-2）環境に応じた本能及び感情の変化

かかる構成に加えてこのロボット装置1の場合、例えば、周囲が「明るい」とときには陽気になり、これに対して周囲が「暗い」とときには物静かになるなど、周囲の環境のうちの「騒音」、「温度」及び「照度」の3つの条件（以下、環境条件という。）の度合いに応じて感情・

本能を変化させるようになされている。  
【0086】すなわち、このロボット装置1には、周囲の状況を検出するための外部センサとして、上述したCCDカメラ20、距離センサ22、タッチセンサ21及びマイクロホン23などに加えて周囲の温度を検出するための温度センサ（図示せず）が所定位置に設けられている。対応する構成として、ミドル・ウェア・レイヤ40の認識系60には、騒音検出用、温度検出用及び明るさ検出用の各信号処理モジュール50～52が設けられている。

【0087】そして、騒音検出用の信号処理モジュール50は、ロボティック・サーバ・オブジェクト32のバーチャル・ロボット33を介して与えられるマイクロホン23（図2）からの音声データに基づいて周囲の騒音レベルを検出し、検出結果を入力セマンティクスコンバータモジュール59に出力するようになされている。

【0088】また、温度検出用の信号処理モジュール51は、バーチャル・ロボット33を介して与えられる温度センサからのセンサデータに基づいて周囲の温度を検出し、検出結果を入力セマンティクスコンバータモジュール59に出力する。

【0089】さらに、明るさ検出用の信号処理モジュール52は、バーチャル・ロボット33を介して与えられるCCDカメラ20（図2）からの画像データに基づいて周囲の照度を検出し、検出結果を入力セマンティクスコンバータモジュール59に出力する。

【0090】入力セマンティクスコンバータモジュール59は、これら各信号処理モジュール50～52の出力に基づいて周囲の「騒音」、「温度」及び「照度」の度合いを認識し、当該認識結果を上述のようにアプリケーション・モジュール41（図5）の内的状態モデル部71に出力する。

【0091】具体的に、入力セマンティクスコンバータモジュール59は、騒音検出用の信号処理モジュール50の出力に基づいて周囲の「騒音」の度合いを認識し、「うるさい」又は「静か」といった認識結果を内的状態モデル部71に出力する。

【0092】また、入力セマンティクスコンバータモジュール59は、温度検出用の信号処理モジュール51の出力に基づいて周囲の「温度」の度合いを認識し、「暑

い」又は「寒い」といった認識結果を内的状態モデル部71及び知覚情報取得部90に出力する。

【0093】さらに、入力セマンティクスコンバータモジュール59は、明るさ検出用の信号処理モジュール52の出力に基づいて周囲の「照度」の度合いを認識し、「明るい」又は「暗い」といった認識結果を、内的状態モデル部71等に出力する。

【0094】内的状態モデル部71は、上述のように、入力セマンティクスコンバータモジュール59から与えられる各種認識結果に基づき（1）式に従って各パラメータ値を周期的に変更する。

【0095】そして、内的状態モデル部71は、入力セマンティクスコンバータモジュール59から与えられる「騒音」、「温度」及び「照度」についての認識結果に基づいて、予め定められた対応する情動についての（1）式の係数 $k$ の値を増減させる。

【0096】具体的には、内的状態モデル部71は、例えば「うるさい」といった認識結果が与えられた場合には「怒り」の情動に対する係数 $k$ の値を所定数増加させ、これに対して「静か」といった認識結果が与えられた場合には「怒り」の情動に対する係数 $k$ の値を所定数減少させる。これにより、周囲の「騒音」に影響されて「怒り」のパラメータ値が変化することになる。

【0097】また、内的状態モデル部71は、「暑い」といった認識結果が与えられた場合には「喜び」の情動に対する係数 $k$ の値を所定数減少させ、これに対して「寒い」といった認識結果が与えられた場合には「悲しみ」の情動に対する係数 $k$ の値を所定数増加させる。これにより、周囲の「温度」に影響されて「悲しみ」のパラメータ値が変化することになる。

【0098】さらに、内的状態モデル部71は、「明るい」といった認識結果が与えられた場合には「喜び」の情動に対する係数 $k$ の値を所定数増加させ、これに対して「暗い」といった認識結果が与えられた場合には「恐れ」の情動に対する係数 $k$ の値を所定数増加させる。これにより、周囲の「照度」に影響されて「恐れ」のパラメータ値が変化することになる。

【0099】これと同様にして、内的状態モデル部71は、上述のように、入力セマンティクスコンバータモジュール59から与えられる各種認識結果等に基づき（2）式～（6）式に従って各欲求のパラメータ値を周期的に変更する。

【0100】また、内的状態モデル部71は、入力セマンティクスコンバータモジュール59から与えられる「騒音」、「温度」及び「照度」の度合いについての認識結果に基づいて、予め定められた対応する欲求の（2）式の係数 $k$ の値を増減させる。

【0101】具体的に内的状態モデル部71は、例えば「うるさい」や「明るい」といった認識結果が与えられた場合には、「疲れ」に対する係数 $k$ の値を所定数減

10

20

30

40

50

少させ、これに対して「静か」や「暗い」といった認識結果が与えられた場合には「疲れ」に対する係数 $k_i$ の値を所定数増加させる。また、内的状態モデル部71は、「暑い」又は「寒い」といった認識結果が与えられた場合には「疲れ」に対する係数 $k_i$ の値を所定数増加させる。

【0102】この結果このロボット装置1においては、例えば周囲が「うるさい」とときには、「怒り」のパラメータ値が増加しやすく、「疲れ」のパラメータ値が減少しやすくなるために、全体として行動が「いらいら」したような行動となり、これに対して周囲が「静か」なときには、「怒り」のパラメータ値が減少しやすく、「疲れ」のパラメータ値が増加しやすくなるために、全体として行動が「おちついた」行動となる。

【0103】また、周囲が「暑い」とときには、「喜び」のパラメータ値が減少しやすく、「疲れ」のパラメータ値が増加しやすくなるために、全体として行動が「だらけた」ような行動となり、これに対して周囲が「寒い」とときには、「悲しみ」のパラメータ値が増加しやすく、「疲れ」のパラメータ値が増加しやすくなるために、全体として行動が「寒がっている」行動となる。

【0104】また、周囲が「明るい」とときには、「喜び」のパラメータ値が増加しやすく、「疲れ」のパラメータ値が減少しやすくなるために、全体として行動が「陽気」な行動となり、これに対して周囲が「暗い」とときには、「喜び」のパラメータ値が増加しやすく、「疲れ」のパラメータ値が増加しやすくなるために、全体として行動が「物静か」な行動となる。

【0105】このようにしてロボット装置1は、内的状態モデル部71により、環境(外的要因や内的要因)に応じて本能及び感情の状態を変化させることができ、この本能や感情を行動に表出させることができる。さらに、内的状態モデル部71によって得られる本能及び感情の状態は、行動選択部80において行動を選択するための情報としても使用される。

【0106】(3-3)行動選択部の構成

行動選択部80は、予め用意されている複数の行動から一の行動を選択する。この行動選択部80は、動物行動学的なアプローチにより行動選択(決定)をするように構築されている。

【0107】一般的には、動物は、行動に影響する複数の外的原因因子及び内的原因因子(以下、まとめて原因因子という。)に基づいて行動を決定していると考えられ、さらにはそれら因子が複雑に絡み合った状態において行動を決定している。ロボット装置1は、そのような一般的な動物の行動決定のメカニズムを取り入れて、その行動を決定するようになされている。

【0108】行動決定のメカニズムが動物行動学なアプローチにより構築されたロボット装置1は、例えば、図6中(A)に示すように、目の前に水たまりがあるとき

次のような手順により出現させる行動を決定する。

【0109】ロボット装置1は、「水を発見」、「水までは10cm」という外的原因因子(外的知覚要素、例えば、知覚に基づくもの)を知覚し認識する(評価する)。一方で、ロボット装置1は、例えば、内的原因因子(内的動機要素、例えば、本能や感情にもとづくもの)としての動機が「のどの乾きが強く」、「中程度に怒っている」の状態にある。なお、動機は、上述した内的状態モデル部71のパラメータ値を使用して取得されるものである。これは、後で詳述する。

【0110】ここで、動物行動学的なアプローチによればその行動決定において少なくとも次のような判断がなされる。

【0111】「のどの乾きが高い」の状態にあり、かつ「水を発見」の場合にあっても、例えば、水への距離が長いときには水をとる行動(摂水行動)を起こすとは限らない。例えば、水までの距離が遠い場合には、体力もそれだけ消費することになり、のどが乾きがさらにひどくなるといったことが本能的に処理されるからである。

【0112】逆に、「のどの乾きが低い」の状態にあり、かつ「水が目の前にある」のときは、摂水行動をすることもある。このように、「のどの乾き」といった内的原因因子から一概に摂水行動がなされるか否かが判断されるものではなく、「水がある」また「水が目の前にある」といった外的原因因子から行動決定の判断がなされるものである。すなわち、行動は、複数の外的原因因子及び内的原因因子に基づいて決定され、それら因子が複雑に絡み合った状態において決定される。

【0113】また、この際、他の行動と比較して、最終的に行動が決定される。例えば、「水を飲みたい」かつ「食物を食べたい」の状態にある場合には、「水を飲みたい」の度合い或いはその実現可能性と、「食物を食べたい」の度合い或いはその実現可能性とを比較して、一の行動として例えば、摂水行動を選択する。

【0114】このような動物行動学的なアプローチにより、ロボット装置1は最終的に行動を決定している。すなわち、ロボット装置1は、「のどの乾きが高い」といった状況下の「水の発見」、さらには「水までは10cm」とあること等の情報から総合的に判断し、「摂食行動」等の他の行動を排除して、「摂水行動」を出現させる。

【0115】また、ロボット装置1は、「中程度に怒っている」の状態として、怒っている動作を伴い摂水行動を出現させる。これは、上述したモジュレータ72によって実現されるものである。そして、例えば、ロボット装置1は、内部状態として、水を発見したことにより、その「怒り」のレベルを低下させる。これは、上述した出力セマンティクスコンバータモジュール68から内的状態モデル部71への行動完了情報のフィードバックにより実現される。

【0116】図6中(B)には、上述したような動物行動学的なアプローチにより、「摂水行動」の具体的な行動として「前方へ歩く」を選択するまでの手順を示している。

【0117】先ず、ロボット装置1は、上述の図6中(A)に示すような状態におかれた場合、複数の行動から「摂取行動」を選択する。選択されなかった他の行動としては、例えば、「闘争行動」、「探索行動」等が挙げられる。例えば、ロボット装置1は、このような「摂取行動」、「闘争行動」及び「探索行動」等が選択可能な行動グループとされて、サブシステム(サブシステム層)として保持している。

【0118】ここで、行動グループは、上位の行動を具現化する複数の下位の行動群からなり、例えば、下位の行動は、互いに抑制しあう関係にある。以下、同様である。

【0119】次に、ロボット装置1は、選択した摂取行動内から一の行動として「摂水行動」を選択する。選択されなかった他の摂取行動としては、例えば「摂食行動」が挙げられる。例えば、ロボット装置1は、このような「摂水行動」や「摂食行動」等が選択可能な行動グループとされて、モード(モード層)として保持している。すなわち、「摂水行動」や「摂食行動」を行動グループとし、「摂取行動」の下位行動として保持している。

【0120】次に、選択した摂水行動内から一の行動として「水に近づく」を選択する。他の摂水行動としては、例えば「水を口に入れる」が挙げられる。例えば、ロボット装置1は、このような「水に近づく」や「水を口に入れる」等が選択可能なグループとされて、モジュール(モジュール層)として保持している。

【0121】次に、「水に近づく」の具体的な行動として「前進する」を選択して、実際の行動として出現させる。なお、選択されなかった他の「水に近づく」の行動としては、例えば「後進する」、「右に曲がる」及び「左に曲がる」が挙げられる。例えば、ロボット装置1は、このような「前進する」、「後進する」、「右に曲がる」及び「左に曲がる」等が選択可能なグループとされて、モータコマンド(モータコマンド層)として保持している。

【0122】このような手順により、ロボット装置1は、動物行動学的なアプローチから「前方へ歩く」といった最下位層の行動を上位の行動を規定する「摂取行動」の最終的な行動として出現させている。

【0123】図7には、ロボット装置1の有する行動決定のために構築されている行動選択システムを示す。この行動選択システムは、例えば、行動選択部80において構築されている。

【0124】行動選択システムは、複数の行動が階層構造(ツリー構造)とされて構築されている。この階層構

造とされる行動選択システムでは、下位の行動が複数個からなる行動グループが、上位を具現化する行動群から構成されている。例えば、上位の行動が「闘争行動」といった場合には、下位の行動が「戦い・捕食行動」、「防御・逃避行動」といった行動からなるようにである。

【0125】例えば、この行動選択システムは、各行動の情報をデータ形態(例えば、データベース形態)として保持することとしてもよく、オブジェクト指向として設計されてもよい。例えば、オブジェクト指向として行動選択部が設計された場合、行動選択システムは、各行動が独立してオブジェクトの単位として構成され、各オブジェクト単位で行動選択のための各種処理がなされるようになる。

【0126】この図7に示すように複数の行動が階層構造とされ構築されている行動選択システムでは、より上位層の行動が願望のような抽象的な行動とされ、下位層の行動がそのような願望を実現するための具体的な行動とされている。

【0127】このような行動選択システムでは、下位の層に進みながら行動を選んでいき、すなわち、上位の行動を実現化する行動を選んでいき、最終的な行動の選択がなされる。すなわち、中間層における行動について言えば、最上位の行動から最下位の行動が選択されるまでの選択された経路上の情報を示すものとなる。

【0128】このように上位の層から下位の層に進むなかで各層において行動の選択がなされていく際に、各層では、上述したような外的原因因子や内的原因因子によって一の行動の選択がなされていくのである。

【0129】行動選択部80は、具体的には、図5に示したように、知覚情報取得部90、動機情報取得部81及び行動選択演算部82を有している。この行動選択部80を構成する各部は、概略として、図8及び図9に示すように機能する。

【0130】知覚情報取得部90は、行動ごとに、知覚情報を取得する。例えば、知覚情報の取得として、後述するリリースメカニズム(Release Mechanism)における知覚の評価を示すRM値を計算する。例えば、この知覚情報取得部90により、水が発見され、水までの距離が10cmであることの認識がなされる。これにより、摂取行動(摂水行動)の値が高くなる、すなわち選択可能性が高くなる。

【0131】動機情報取得部81は、内的状態に基づいて、行動ごとの動機情報を取得する。例えば、行動ごとの動機情報の取得として、上述本能値、感情値に基づいて、行動ごとの動機を計算する。具体的には、後述するモチベーションクリエータにおける動機の状態を示すMot値を計算する。例えば、動機情報取得部81により、のどが乾きの状態が取得される。これにより、摂食行動の動機値が高くなり、摂食行動のうち、摂水行動が

さらに高くなる。

【0132】行動選択演算部82は、行動ごとに、動機情報取得部81からの動機情報（動機値）と、知覚情報取得部90からの知覚情報（値）とから、所望の行動を選択する。そして、行動選択演算部82は、所望の行動の選択の際に、同一グループ（行動グループ）内の他の行動を排他的に制御する。例えば、この行動選択演算部82により、サブシステム層では摂食行動が選択され、さらに摂食行動内の摂水行動が選択される。

【0133】また、行動選択演算部82は、選択された行動に基づいて、実際の動作群の計画をする。例えば、「前方へ移動（Move-forward）」を選択する、といったようにである。

【0134】なお、内的状態モデル部71は、上述したように、体内の本能や感情の状態等の内的状態についての情報を取得する。例えば、内的状態の情報の取得として、本能値や感情値を算出する。具体的には、上述した本能（欲求）のパラメータ値や情動のパラメータ値、或いは後述するIE値を算出する。例えば、この内的状態モデル部71では、動いたため、のどが乾いているとい

った状態の情報が取得される。

【0135】また、出力セマンティクスコンバータモジュール68は、図8に示すように、行動をロボット装置1のタイプに応じた動作列に変換するモジュールである。例えば、出力セマンティクスコンバータモジュール68は、今、ロボット装置1のタイプが4足ロボットであることを認識し、入力されてくる行動及び感情状態に応じて動作列に変換する。すなわち、出力セマンティクスコンバータモジュール68は、上位の行動決定システム70からの行動のコマンドから、対応する各信号処理モジュール61～67にコマンドを送る。

【0136】なお、図9に示すようなモジュレータ72、姿勢管理モジュール等については、後で詳述する。なお、図9において、「input」の欄は入力されるコマンドの形態を示し、「output」の欄は出力されるコマンドの形態を示す。

【0137】以上のように、行動選択部80が構成されている。次に、行動選択部80が行動選択のシステムとして採用する動物行動学的なアプローチについてさらに詳しく説明する。

【0138】（3-4）動物行動学的なアプローチによる行動選択

一般的には、動物の行動の決定（選択）は、上述のように、複数の因子が複雑に絡み合ってなされるものである。単純な例としては、図10に示すように、知覚と動機とから行動が決定される。

【0139】ここで、知覚は、行動に影響する外部からの情報であり、入力されてくる外界環境によって誘発若しくは制約される条件と考えることができる。また、動機は、「お腹がすいた」等の内部の情報であり、内的状

態を表現しており、その行動を起こしたいという内的意図と考えることができる。このように、知覚や動機といったものを原因として、その作用として行動の決定がなされているとすることができる。

【0140】知覚及び動機に基づく行動決定は、具体的には次のようにしてなされる。なお、次に説明する行動決定（選択）のための原理は、SilbyとMcfarland（1975）が提唱した状態空間アプローチによるものである。

【0141】SilbyとMcfarland（1975）は、まず動物は最も出現傾向の高い活動（行動）を遂行する、との仮定から理論を出発している。出現傾向の配列をはっきりと表す1つの方向としてベクトル空間がある。そこで、ベクトルの大きさは、ある共通性をもった指標に基づいたいわゆる出現傾向の強さを示している。出現傾向とは、例えば、摂食行動が出現される傾向（度合い）や摂水行動が出現される傾向（度合い）等がある。そして、全ての出現傾向の状態は、この出現傾向空間上の点として表される。

【0142】そして、この空間は、出現傾向の最も高い行動がどれかという領域毎に分けられ、その境界線が「切り換え境界線（スイッチングライン、switching line）」となる。

【0143】一方、出現傾向はさまざまな原因因子に依存している。例えば、摂食傾向は、食物制限、摂食機会、補食の可能性等に依存しているのである。これら全ての原因因子をはっきりと表す方法は、もう1つのベクトル空間を用いることである。原因因子から出現傾向を決めるというのは、次のような表現と同義になる。すなわち、原因因子の状態空間から出現傾向空間への写像があり、そこで原因因子のいかなる状態に対しても対応する出現傾向の状態空間が存在するようになっている。そして、どの行動が行われるかの決定ができるようになっているというものである。原因因子と出現傾向との関連性を図11を用いて説明する。

【0144】図11中（A）及び（C）は、原因因子の状態を示す原因因子状態空間を示すものである。この原因因子状態空間は、ある行動が導かれることに影響する原因因子によって構成される。原因因子としては、上述した「知覚」、「動機」が挙げられる。なお、この図11では、単純化のために2次元空間だけを検討したものであるが、実際には、行動の出現傾向の多くは、3次元以上の原因因子状態空間によって決定されるものである。

【0145】図11中（A）は、具体的には、摂食の行動が出現される傾向、すなわち「摂食行動」の出現傾向（以下、摂食傾向という。）を示すもので、原因因子とされる「動機」として「空腹」を横軸にとり、原因因子とされる「知覚」として「おいしさ」を縦軸とっている。また、図11中（C）は、摂水の行動が出現される傾向、すなわち「摂水行動」の出現傾向（以下、摂水傾

向という。)を示すもので、「動機」として「のどのかわき」を横軸にとり、「知覚」として「水への距離」を縦軸にとっている。

【0146】また、図11中(B)は、図11中(A)及び(C)における原因因子の状態に基づく「摂食傾向」及び「摂水傾向」の出現傾向の空間を示す。すなわち、原因因子により影響される行動の出現傾向が写像され、これらの出現傾向の比較が可能とされる空間を示す。

【0147】先ず、原因因子状態空間について、図12を用いて具体的に説明する。この図12に示す原因因子状態空間は、上述の図11中(A)に示す「摂食行動」の原因因子状態空間である。

【0148】図12に示すように、すごくおいしいものがある状態( $m_2$  状態)、でもそんなにお腹がすいていない状態(原因状態)にあるとき( $n_1$  状態)、一方、ものすごくお腹がすいているが( $n_2$  ( $>n_1$ ) 状態)、あまりおいしくない食物がある状態(原因状態)にあるとき( $m_1$  ( $<m_2$ ) 状態)に、摂食行動が出現される。すなわち、一概に、動機とされる「空腹」にのみ依存して摂食行動が出現されるのではなく、また、知覚とされる「おいしさ」にのみ依存して摂食行動が出現されるものでもなく、「空腹」と「おいしさ」とが相互に作用して、摂食行動が出現される。

【0149】言い換えれば、「空腹」の程度が異なっている場合であっても、摂食行動は出現され、「空腹」と「おいしさ」との状態によっては、原因因子状態空間内に摂食行動が出現される度合いが同じ原因状態、すなわち摂食傾向を同程度とする原因状態が複数点に存在する。例えば、空腹でないときにとてもおいしい食物を与えたりしたときに、或いは非常に空腹であるときにあまりおいしくない食物を与えたりしたときに、同程度の摂食傾向が存在するということである。

【0150】例えば、摂食行動では、「空腹」と「おいしさ」とを原因因子としてみた場合、その出現傾向が同程度とされるには、「空腹」が高い(多い)ときには「おいしさ」が低く(少なく)、また、「空腹」が低い(少ない)ときには「おいしさ」が高い(多い)。よって、摂食傾向を同程度とすることを考えた場合、「空腹」と「おいしさ」とは反比例の関係となり、摂食傾向が同程度とされる点を結ぶと、図12において例えばそれが曲線として示される。すなわち、図12に示すように、摂食傾向のいわゆる強さ(ベクトルの強さ) $y$ を同程度とするような原因因子の状態が複数存在して、それらは原因因子状態空間において曲線として示される。

【0151】さらに、原因因子状態空間には、異なる複数の摂食傾向の強さ $y_1, y_2, \dots$ が存在し、図12に示すように、それが摂食傾向の強さの分布として、いわゆる等高線として示される。

【0152】なお、図12において、原因因子状態空間

における右上方向に行くほど、摂食の強さは強くなることを示す。これは、すごくお腹がすいており、さらに目の前にはすごくおいしい食物があれば、誰しもが摂食行動をとるようになる、といったようなことをいうものである。

【0153】このように、原因因子により摂食傾向の強さを定義づけることができ、同様にして、摂水傾向の強さを定義づけることができる。

【0154】すなわち、摂水行動は、のどのかわきが激しいときには水(水のある場所)への距離が遠くても出現され、また、のどのかわきが少ないときでも水への距離が近い場合に出現され、「のどのかわき」と「水への距離」とが相互に作用して、摂水行動が出現される。

【0155】言い換えれば、「のどのかわき」の程度が異なっている場合であっても、摂水行動は出現され、「のどのかわき」と「水への距離」との状態によっては、原因因子状態空間内に摂水傾向を同程度とする原因状態が複数点に存在する。例えば、水が欠乏していないときに水が目の前にあったり、或いは水が非常に欠乏しているときに水が遠くにあったりしたときに同程度とする摂水傾向が存在するということである。

【0156】そして、摂水傾向を同程度とすることを考えた場合、「のどのかわき」と「水への距離」とは反比例の関係にあり、摂水傾向が同程度とされる点を結ぶと、例えば図11中(C)において原因因子状態空間内において曲線として示される。すなわち、図11中(C)に示すように、摂水傾向のいわゆる強さ $x$ が同程度とされるような原因因子の状態が複数存在して、それらは原因因子状態空間において曲線として示される。そして、図11中(C)に示すように、原因因子状態空間には、異なる摂水傾向の強さ $x_1, x_2, \dots$ が等高線として示される。

【0157】以上述べたように、「摂食傾向」の強さと、「摂水傾向」の強さとが、各原因因子の状態に基づいて求められ、これらの強さの基づいてその比較がなされ、一の行動の決定(選択)がなされる。そして、そのような出現傾向が比較されるのが、図11中(B)に示す出現傾向空間においてである。出現傾向空間は、出現可能な行動の傾向から構成されている。

【0158】例えば、ある原因状態において、ある摂食傾向の強さ $y_1$ とある摂水傾向の強さ $x_2$ とが得られた場合、図11中(B)に示すように、原因因子状態空間から写像された摂食傾向の強さ $y_1$ と摂水傾向の強さ $x_2$ とが出現傾向空間上において組み合わされて比較される。具体的には、次のようにして行動の選択がなされる。

【0159】図11中(B)に示すように、切り換え境界線の設定によって、出現傾向空間が2つの領域に分割される。 $y=0$ (摂水傾向を示す $x$ 軸)と切り換え境界線とで囲まれる領域(以下、摂水行動選択領域とい



う。)と、 $x=0$  (摂食傾向を示す $y$ 軸)と切り換え境界線とで囲まれる領域(以下、摂食行動選択領域という。)とが形成される。

【0160】このように出現傾向空間にて切り換え境界線の設定により形成される各領域に、原因因子状態空間から写像された値( $x$ ,  $y$ )の位置によって一の行動が決定される。すなわち、値( $x$ ,  $y$ )が摂水行動選択領域内にある場合には、摂水行動が選択され、また、値( $x$ ,  $y$ )が摂食行動選択領域内にある場合には、摂食行動が選択されるようになる。よって、図11中(C)に示す例では、値( $x_2$ ,  $y_1$ )が摂水行動選択領域内になることから摂水行動が選択されることになる。

【0161】なお、単純化のため、原因因子の状態空間を、摂食と摂水それぞれに関与する状態変数(原因因子)に分けて示しているが、実際には1つの状態変数は複数の行動の出現傾向に影響を及ぼす。原因因子空間の曲線は、特定の行動の出現傾向と同一のレベルをもたらす状態につながっている。

【0162】また、最終的に選択された行動によって、それに関わる原因因子やそれ以外の複数の原因因子に影響を及ぼす可能性がある。このようなことから、情報の

【0163】以上のような動物行動学的なアプローチとして、原因因子を用いた行動決定(選択)の手法は、例えばSilbyとMcfarland(1975の論文)やLudlow(競合モ\*

\*デルとして)が提唱している。

【0164】(3-5)動物行動学的なアプローチによる行動決定を実現する計算式

上述したような行動決定への動物行動学的なアプローチはあくまでも理論であり、実際のロボット装置1に適用するためには、上述した動物行動学的なアプローチをデータベース等としての情報化、或いは数式化する必要がある。そこで、本発明を実現するために、上述した動物行動学的なアプローチからの行動決定を次のように数式化した。

【0165】図13中(A)に示すように、「摂食行動」の原因因子とされる「空腹」の状態(度合い)を $Mot[0]$ とおき、「おいしさ」の評価を $RM[0]$ とおく。そして、ある $Mot[0]$ 及び $RM[0]$ がある値における摂食傾向(傾向の強さ)を $Be[0]$ とおく。

【0166】同様に、図13中(B)に示すように、摂水行動の原因因子とされる「のどのかわき」の状態(度合い)を $Mot[1]$ とおき、「水への距離」の評価を $RM[1]$ とおく。そして、 $Mot[1]$ 及び $RM[1]$ がある値における摂水傾向(傾向の強さ)を $Be[0]$ とおく。これらの関係は、次に示す表のようになる。

【0167】  
【表1】

リリース メカニズム	摂食行動	食物のおいしさ度の評価	$RM[0]$
	摂水行動	水への距離の評価	$RM[1]$
モチベーション クリエータ	摂食行動	空腹	$Mot[0]$
	摂水行動	のどのかわき	$Mot[1]$

【0168】なお、本例では、比較する出現傾向が「摂食行動」及び「摂水行動」の2つなので、知覚については $RM[0]$ 、 $RM[1]$ の2値とし、動機については $Mot[0]$ 、 $Mot[1]$ の2値としているが、多くの出現傾向についても比較することは可能である。このようなことから、知覚(外的知覚要素)を $RM[i]$ 、動機(内的動機要素)を $Mot[i]$ 及び出現傾向を $Be[i]$ とし、ここで $i$ を整数として、一般化する。以下、特に出現される行動の種類を言及しないときには、これら一般化したものを示す。

【0169】なお、上述した例で、「摂食行動」についてみた場合、同程度の出現傾向は、「空腹」と「おいし\*

$$Be[i] = func(RM[i], Mot[i])$$

【0171】また、「おいしさ」や「水への距離」といった知覚評価 $RM[i]$ は、知覚情報取得部90において取得されるものであり、また、「空腹」や「のどのかわき」といった動機 $Mot[i]$ は、動機情報取得部8

※さ」とが反比例の関係の下で成立することについて述べているが、同程度の出現傾向とされるためには、出現傾向に作用する原因因子が必ず反比例の関係にあるとは限らない。すなわち、 $Be[i]$ と $RM[i]$ と $Mot[i]$ とは(7)式のような関係として示すことができるが、 $RM[i]$ と $Mot[i]$ との関係が必ず反比例の関係になるとは限らない。要は、出現傾向は、動機(内的動機要素)にのみ影響を受けるのではなく、知覚(外的知覚要素)の影響をも受けるということである。

【0170】  
【数7】

$$\dots (7)$$

1において取得されるものである。知覚情報取得部90及び動機情報取得部81におけるこれらの情報の取得のための具体的な処理等については、後で詳述する。

【0172】そして、上述したように知覚(外的知覚要

素)と動機(内的動機要素)とから得られた摂食傾向及び摂水傾向は、図14に示すような出現傾向空間上に示される。

【0173】ここで、この図14に示す出現傾向空間は、第1の切り換え境界線( $y = \alpha x$ )と第2の切り換え境界線( $y = \beta x$ )といった2本の切り換え境界線が設定されている。すなわち、出現傾向空間が3つの領域に分割されている。一方、上述の図11中(B)に示した出現傾向空間では、切り換え線が1本であった。これは次のような理由からである。

【0174】理論的には、上述したように、切り換え境界線が1本でも異なる行動の間で選択は可能である。しかし、実際のロボット装置1にそのような理論をそのまま適用した場合、各行動の出現傾向が設定した切り換え境界線付近に存在すると、今選択した行動と他方の行動との選択の切り替わりがせわしくなり、ロボット装置1の行動に落ち着きがなくなる。このような現象は、行動が選択されて実施された場合に当該行動の出現傾向が他の行動に対して相対的に小さくなるといったことが前提とされて発生する。すなわち、動機(願望)が達成されれば、その動機の程度が小さくなり、結果としてその動機に影響される行動の出現傾向が小さくなるというようなことからである。

【0175】このように、2本の切り換え境界線により領域を分割することで、「摂食行動」が選択される領域(摂食行動選択領域)、「摂水行動」が選択される領域(摂水行動選択領域)、「摂食行動」又は「摂水行動」のいずれかが選択される領域(以下、摂食又は摂水行動選択領域という。)の3つ行動選択の領域が形成される。これにより、ロボット装置1の行動に落ち着きがなくなることを防止することができる。このように、2本の切り換え境界線を設定することで、ロボット装置1の行動に落ち着きがなくなることが防止される理由については、後で詳述する。

【0176】この図14に示す出現傾向空間において、出現傾向の最も強い行動が次のような関係から選択される。

【0177】図14に示す出現傾向空間は、摂食傾向  $Be[0]$  を  $x$  軸におき、摂水傾向  $Be[1]$  を  $y$  軸におき、摂食傾向  $Be[0]$  と摂水傾向  $Be[1]$  とから構成されている。そして、このような出現傾向空間におい

$$\alpha a - a' > 0$$

【0185】

$$1 - a' / a > 0$$

【0186】ここで、第1の切り換え境界線の傾き  $\alpha$  は(10)式のような関係の  $\alpha'$  として示すことができる。なお、 $\alpha'$  は、後述するように、摂水傾向  $Be[1]$  から摂食傾向  $Be[0]$  に対する排他制御ゲイン

※て、第1及び第2の切り換え境界線をそれぞれ  $y = \alpha x$  及び  $y = \beta x$  として設定する。例えば、傾き係数  $\alpha$ 、 $\beta$  は、任意の値として決定し、例えば、ロボット装置1の成長などに応じて決定することができる。

【0178】ここで、摂食傾向  $Be[0]$  は、図13中(A)に示す「空腹」 $Mo t[0]$  及び「おいしさ」 $RM[0]$  により決定される値であり、摂水傾向  $Be[1]$  は、図13中(B)に示す「のどのかわき」 $Mo t[1]$ 、「水への距離」 $RM[1]$  により決定される値である。

【0179】このような出現傾向空間において、図14に示すように、原因因子状態空間から写像された値  $(a, a')$  が摂食行動選択領域にある場合(点C)には、一の行動として摂食行動が選択され、一方、値  $(a, a')$  が摂水行動選択領域にある場合(点D)には、一の行動として摂水行動が選択される。

【0180】そして、値  $(a, a')$  は、例えば、図13中(A)に示すように、「空腹」が  $Mo t[0] = n_0$ 、「おいしさ」が  $RM[0] = m_0$  の状態にあり、このとき「摂食傾向」 $Be[0]$  が  $a$  とされ、さらに、図13中(B)に示すように、「のどのかわき」が  $Mo t[1] = n_1$ 、「水への距離」が  $RM[1] = m_1$  の状態にあり、このとき「摂水傾向」 $Be[1]$  が  $a'$  とされた場合である。

【0181】以上のような行動の選択は、次のような数式化により実現することができる。

【0182】まず、 $a' / a$  ( $Be[1] / Be[0]$ ) の値として考える。 $x = 0$  と第2の切り換え境界線( $y = \beta x$ )とによって囲まれる摂水行動選択領域に値  $(a, a')$  が位置される条件は、 $\infty > a' / a > \beta$  である。また、 $y = 0$  と第1の切り換え境界線( $y = \alpha x$ )とによって囲まれる摂食行動選択領域に値  $(a, a')$  が位置される条件は、 $\alpha > a' / a > 0$  である。

【0183】このような関係式から以下のような式が導き出せる。 $\alpha > a' / a > 0$  の場合、すなわち値  $(a, a')$  が摂食行動選択領域にある場合には、図15中(A)に示すようになり、(8)式及び(9)式が成り立つ。

【0184】

【数8】

$$\dots (8)$$

※ ※ 【数9】

$$\dots (9)$$

( $> 1$ ) となる。

【0187】

【数10】

$$\frac{Be[0]}{Be[1]} = \frac{1}{\alpha} = \alpha' \quad \dots (10)$$

【0188】このような関係から、「摂食行動」が選択されるための条件は(11)式を満たすものであることが導き出される。 \* 【0189】  
【数11】

$$a - a'\alpha' > 0 \quad \dots (11)$$

【0190】次に、図15中(B)は摂水行動の場合を示しており、第2の切り換え境界線の傾き $\beta$ は(12)式として与えられる。なお、 $\beta$ は、後述するように、摂食傾向 $Be[0]$ から摂水傾向 $Be[1]$ に対する排他※制御ゲイン(>1)となる。 10 【0191】  
【数12】

$$\frac{Be[1]}{Be[0]} = \beta \quad \dots (12)$$

【0192】このような関係から、「摂水行動」が選択されるための条件は(13)式を満たすものであることが導き出される。 ★ 【0193】  
【数13】

$$a' - a\beta > 0 \quad \dots (13)$$

【0194】なお、上述の条件を満たすのは、(14)式かつ(15)式である場合である。したがって、摂食行動をとるようになるときには、(14)式を満たし、摂水行動をとるようになるときには、(15)式が満た☆される。 【0195】  
【数14】

$$a - a'\alpha' > 0 \quad \dots (14)$$

【0196】 ◆ ◆ 【数15】

$$a' - a\beta > 0 \quad \dots (15)$$

【0197】ここで、上述のような( $a - a'\alpha'$ )及び( $a' - a\beta$ )を行列として記述すると(16)式のようにになる。 \* 【0198】  
【数16】

$$\begin{bmatrix} Be[0] \\ Be[1] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a \\ a' \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & \alpha' \\ \beta & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ a' \end{bmatrix} \quad \dots (16)$$

【0199】また、これを離散的に計算するものとする ※すると(17)式のようにになる。  
と、時刻 $t$ における出現傾向 $Be_t[i]$ と時刻 $t-1$ における出現傾向 $Be_{t-1}[i]$ とを用いて記述※ 【0200】  
【数17】

$$\begin{bmatrix} Be_t[0] \\ Be_t[1] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Be_t[0] \\ Be_t[1] \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & \alpha' \\ \beta & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Be_{t-1}[0] \\ Be_{t-1}[1] \end{bmatrix} \quad \dots (17)$$

【0201】ここで、 $\alpha'$ は、摂水傾向 $Be[1]$ から摂食傾向 $Be_t[0]$ に対する排他制御ゲイン(>1)を示し、また、 $\beta$ は、摂食傾向 $Be_t[0]$ から摂水傾向 $Be_t[1]$ に対する排他制御ゲイン(>1)を示すものとなる。例えば、イメージ的には、図16に示すように、 $\alpha'$ が摂食傾向 $Be_t[0]$ に対する排他制御ゲインとして働き、また、 $\beta$ が摂水傾向 $Be_t[1]$ に対 50

する排他制御ゲインとして働く。

【0202】このように、複数の行動についての出現傾向を行列式として示すことができるようになる。そして、行列式の左辺における行列中に正となる $Be_t[i]$ があるとき、当該出現傾向 $Be_t[i]$ に対応される行動が一の行動として選択される。

【0203】なお、上述のような行列式の場合には、一

方の出現傾向の値が負となっているので、負となっている当該出現傾向については、0を代入して、再帰的に計算をする。

【0204】上述の(17)式を用いて排他制御を再帰的に行うことにより、図17に示すような行動の選択がなされるようになる。

【0205】ここで、前提として、選択された一の行動が実行されると、当該一の行動に対する原因因子の影響が少なくなり、当該実行された一の行動の出現傾向が小さくなるとする。すなわち、例えば、「摂食行動」が一

の行動として選択された場合、摂食行動が実現されて摂食に対する動機等が満たされるので、当該「摂食行動」に対する原因因子(動機)の影響が少なくなり、その結果、摂食傾向が小さく(弱く)なるということである。

(17)式を用いて排他制御を再帰的に行うことにより次のように行動の選択がなされる。

【0206】図17に示すように、例えば、(摂食傾向  $Be[0]$ 、摂水傾向  $[1]$ ) = (a, a') が摂食行動選択領域内 ( $y=0$  と  $y=\alpha x$  とで囲まれる領域) にある場合は、値(a, a') が当該摂食行動選択領域に

ある限り、一の行動として摂食行動が選択される。ここで、値(a, a') が摂食行動選択領域にある場合、上述の(17)式の左辺の摂食傾向  $Be, [0]$  は正を示す。

【0207】そして、摂食行動が選択され続けると、上述したように当該摂食行動の実現により原因因子の影響が小さくなることから摂食傾向  $Be, [0]$  は小さく(弱く)なっていく。摂食傾向  $Be, [0]$  が小さくなると、値(a, a') は摂食又は摂水選択領域に至る。すなわち、図17に示すグラフ中において矢印P<sub>1</sub>に示すように値(a, a') が変化する。

【0208】摂食又は摂水行動選択領域では、摂食行動が選択される。また、上述の(17)式にて左辺の摂食傾向  $Be, [0]$  も正を示す。そして、摂食行動が選択され続けると、当該摂食行動の実現により原因因子の影響が小さくなることから摂食傾向  $Be, [0]$  は小さくなっていく。そして、値(a, a') は摂食又は摂水行動選択領域から摂水領域 ( $x=0$  と  $y=\beta x$  とで囲まれる領域) に至る。すなわち、図17に示すグラフ中において矢印P<sub>2</sub>に示すように値(a, a') が変化する。

【0209】摂水選択領域では、摂水行動が選択される。ここで、値(a, a') が摂水行動選択領域にある

場合、上述の(17)式の左辺の摂水傾向  $Be, [1]$  が今度は正を示す。

【0210】そして、摂水行動が選択され続けると、当該摂水行動選択領域では、当該摂水行動の実現により原因因子の影響が小さくなることから摂水傾向  $Be, [1]$  は小さくなっていく。そして、値(a, a') は摂水行動選択領域から摂食又は摂水行動選択領域に至る。摂食又は摂水行動選択領域では、摂水行動が選択され、上述の(17)式にて左辺の摂食傾向  $Be, [1]$  も正を示す。さらに、摂水行動が選択され続けると、摂水傾向  $Be, [1]$  は減少し、値(a, a') は摂食又は摂水行動選択領域から摂食行動選択領域に至る。摂食行動選択領域では再び摂食行動が選択されるようになる。すなわち、摂水行動選択領域から摂食行動選択領域への値(a, a') の変化は、図17に示すグラフ中において矢印P<sub>3</sub>に示すようになる。そして、以後、このように行動が選択されて、行動が切り換えられていく。

【0211】また、出現傾向空間において、2本の切り換え境界線を設定することで、行動が頻繁に切り替わることが防止されたものとなり、行動に落ち着きがなくなることが防止される。

【0212】以上のように、摂食傾向  $Be, [0]$  と摂水傾向  $Be, [1]$  とが変化することにより、それらの値の関係から値(a, a') = ( $Be, [0]$ ,  $Be, [1]$ ) が出現傾向空間上に特定されて、一の行動が選択される。そして、このとき、(17)式においては、摂食傾向  $Be, [0]$ 、摂水傾向  $Be, [1]$  の何れかが正の値を示し、正を示した出現傾向が選択される一の行動となる。このような行動決定を図5に示す決定選択部71により行っている。

【0213】なお、上述した実施の形態では、摂食傾向  $Be, [0]$  及び摂水傾向  $Be, [1]$  により摂食行動及び摂水行動の2つの行動が切り換えられる場合について説明した。しかし、実際にはさらに多くの行動(n個の行動)を出現傾向空間上において比較して一の行動を選択する。すなわちn次元によって示される出現傾向空間により一の行動の選択がなされる。n個の行動から一の行動を選択する場合については、(18)式に示すような行列式になる。

【0214】

【数18】

$$\begin{matrix} 35 & & 36 \end{matrix}
 \left[ \begin{array}{c} Be_i[0] \\ \vdots \\ Be_i[n-1] \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} Be_i[0] \\ \vdots \\ Be_i[n-1] \end{array} \right] \left[ \begin{array}{cccc} 0 & G[1][0] & \cdots & G[n-1][0] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G[0][n-1] & G[1][n-1] & \cdots & 0 \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} Be_{(i-1)}[0] \\ \vdots \\ Be_{(i-1)}[n-1] \end{array} \right]$$

... (18)

【0215】ここで、 $G[i][j]$  は、ある行動の出現傾向  $Be_i[j]$  に対するある行動の出現傾向  $Be_i[j]$  の排他制御ゲインとなる。

【0216】以上のような数式化により、知覚や動機といった原因因子に基づいて各行動の出現傾向を求め、出現傾向の強さ（大きさ）から一の行動の決定（或いは選択）がなされるような動物行動学的なアプローチによる行動決定が可能になる。

【0217】なお、例えば、上述の図17に示しように行動が選択されていた場合には、最終的に出現傾向が0、すなわち、摂食傾向  $Be[0]$  及び摂水傾向  $Be[1]$  が0（原点）に収束してしまうようにも考えられる。これは、上述したように行動が実現されていくと、そのままでは、当該行動に対しての原因因子（例えば、動機）の影響が限りなく無に近づくからである。

【0218】しかし、選択された一の行動が実行されている間に、選択されなかった他の行動に対しての原因因子の影響が大きくなるので問題はないといえる。すなわち、例えば、摂水行動が実行されている間に、選択されていない摂食行動についての原因因子である例えば「お腹がすいた」の状態が変化して、これにより「空腹」の評価が変化することで、摂食傾向が高くなるからである。「寝る」或いは「歩く」ことなどにより、食欲が回復するようにである。すなわち、選択された行動が実行されている間に選択されなかった行動の出現傾向がいわゆる回復され、これを図示すると、例えば、図18に示すようになる。

【0219】また、第1及び第2の切り換え境界線の傾き  $\alpha$ 、 $\beta$  については、任意に決定することができる。これにより、例えば、成長段階に合わせて、或いは性格に合わせて設定することにより、そのような行動を適切に示すことができるようになる。

【0220】例えば、ロボット装置1は成長段階に応じて出現させる行動を変化させる成長行動モデルを備えており、その成長モデルにおける成長段階が「幼児」のときには、第1の切り換え境界線の傾き  $\alpha$  と第2の切り換

え境界線の傾き  $\beta$  とを近い値として、摂食又は摂水行動選択領域を狭める。また、成長段階が「成人」のときには、摂食又は摂水行動選択領域が広くなるように、第1の切り換え境界線の傾き  $\alpha$  と第2の切り換え境界線の傾き  $\beta$  とを設定する。

20 【0221】これにより、ロボット装置1は、「幼児」のときには、摂食行動と摂水行動との切り換えが頻繁に行い、あまり落ち着きがない行動を出現するようになり、また、「成人」のときには、摂食行動と摂水行動との切り換えが適当な間隔で選択して、落ち着きのある行動を出現するようになる。

【0222】また、出現傾向のいわゆる回復速度といったものを可変にすることもできる。例えば、成長レベルが低いときには回復速度を早くし、成長レベルが高いときには回復速度を遅くするといったように成長レベルに応じて回復速度を設定する。このように設定した場合には、「幼児」のときには、摂食行動と摂水行動との切り換えが頻繁に行われるようになり、「成人」のときには、摂食行動と摂水行動との切り換えが適当になされるようになり、前述の例と同様な効果を得ることができる。

【0223】なお、上述したように、出現傾向の回復を利用して収束しないようになされるが、これを計算上で操作して同様に収束を防止することとしてもよい。

40 【0224】以上、動物行動学的なアプローチによる行動決定を現実のロボット装置1において実現するための計算式について説明した。そして、行動選択部80がこのような計算式により行動の選択を行っている。

【0225】（3-6）行動選択部における具体的な処理

以下、行動選択部80における具体的な処理について説明する。行動選択部80は、図19に示すように、知覚情報（RM）を取得する知覚情報取得部（Release Mechanism、リリースメカニズム）90と、動機情報（Mot）を取得する動機情報取得部（モーションクリエータ、Motivation Creator）81と、知覚情報（RM）と

動機情報(Mot)とに基づいて一の行動を選択する行動選択演算部82を備えている。

【0226】(3-6-1)出現傾向の取得手順  
知覚評価(知覚情報)RM[i]と動機状態(動機情報)Mot[i]とに基づいて、出現傾向Be<sub>i</sub>[i]を求める手順について説明する。出現傾向Be<sub>i</sub>[i]を求める手順は、排他制御前の値の算出と、排他制御をした値の算出とに大別される。すなわち、上述した(18)式の右辺の第1項の出現傾向Be<sub>i</sub>[i]の算出と、(18)式の左辺の出現傾向Be<sub>i</sub>[i]の算出と

に大別される。  
【0227】前者の計算と後者の計算について、3つの異なる行動の出現傾向Be<sub>i</sub>[i]を取得する場合を例として説明する。3つの異なる行動は、同一行動グループである。例えば、図20に示すように、3つの各行動について、3つの第1乃至第3の知覚評価RM[0]、RM[1]、RM[2]と、3つの第1乃至第3の動機状態Mot[0]、Mot[1]、Mot[2]とから、対応される第1乃至第3の出現傾向Be<sub>i</sub>[0]、Be<sub>i</sub>[1]、Be<sub>i</sub>[2]を取得するというような場合である。

【0228】例えば、比較対象となる3つの行動としては、「摂食行動」、「摂水行動」及び「排泄行動」が挙

$$Bet[i] = RM[i] \times Mot[i]$$

【0232】ここで、知覚評価RM[i]と動機状態Mot[i]との間に反比例の関係がある場合には、その関係を例えば(20)式のように示すことができる。 ※

$$RM[i] = \frac{A[i]}{Mot[i]}$$

【0234】この知覚評価RM[i]を、(19)式に代入すると、A[i]がBe<sub>i</sub>[i]として算出される。すなわち、知覚評価RM[i]と動機状態Mot[i]との間に反比例の関係がある場合には、その係数A[i]が出現傾向Be<sub>i</sub>[i]として算出されるのである。

★

$$\begin{bmatrix} Bet[0] \\ Bet[1] \\ Bet[2] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Bet[0] \\ Bet[1] \\ Bet[2] \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & G[1][0] & G[2][0] \\ G[0][1] & 0 & G[2][1] \\ G[0][2] & G[1][2] & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Bet_{(t-1)}[0] \\ Bet_{(t-1)}[1] \\ Bet_{(t-1)}[2] \end{bmatrix} \dots (21)$$

【0237】イメージ的には、図21に示すように、排他制御ゲインG[i][j](i=0, 1, 2, j=0, 1, 2)により、第1乃至第3の行動の出現傾向Be<sub>i</sub>[0]、Be<sub>i</sub>[1]、Be<sub>i</sub>[2]が排他制御として算出がなされる。

【0238】以上のように、排他制御前の出現傾向と、その排他前の出現傾向を使用し、排他制御が考慮された出現傾向との算出がなされる。

\*げられる。第1の行動とされる「摂食行動」については、第1の知覚評価RM[0]として「おいしさ」が挙げられ、第1の動機状態Mot[0]として「空腹」が挙げられる。また、第2の行動とされる「摂水行動」については、第2の知覚評価RM[1]として「水への距離」が挙げられ、第2の動機状態Mot[1]として「のどのかわき」が挙げられる。また、第3の行動とされる「排泄行動」については、第3の知覚評価RM[2]として「トイレへの距離」が挙げられ、第1の動機状態Mot[2]として「糞又は尿がつまった」が挙げられる。そして、出現傾向空間は、これら摂食傾向Be<sub>i</sub>[0]、摂水傾向Be<sub>i</sub>[1]、排泄傾向Be<sub>i</sub>[2]により構成される。

【0229】各知覚評価RM[i]及び動機状態Mot[i]に基づく、「摂食行動」、「摂水行動」及び「排泄行動」に対応される各出現傾向Be<sub>i</sub>[i]の算出は次のようになる。

【0230】知覚評価RM[i]と動機状態Mot[i]とから、(19)式に示すように出現傾向Be<sub>i</sub>[i]を算出する。

【0231】

【数19】

... (19)

※【0233】

【数20】

... (20)

★【0235】このような計算により、排他制御前の出現傾向Be<sub>i</sub>[i]を算出することができる。そして、排他制御が考慮された出現傾向Be<sub>i</sub>[i]については(21)式により算出することができる。

【0236】

【数21】

【0239】例えば、図22に示すような手順により、これら一連の計算がなされる。

【0240】先ず、ステップS1に示すように、t=0、Be<sub>i</sub>(t-1)[i]=0として各値を初期化する。そして、ステップS2～ステップS6において、Be<sub>i</sub>[0]～Bet[2]までの(21)式の右辺第1項の値が算出される。すなわち、排他制御前の出現傾向Be<sub>i</sub>[i]が算出される。ステップS2～ステップS

6の処理は具体的には次のようになる。

【0241】ステップS2では、 $i=0$ とされる。これにより、 $Be_i[0]$ についての計算が開始される。

【0242】続く、ステップS3にて、知覚評価 $RM[0]$ と、動機状態 $Mot[0]$ とが算出される。すなわち、例えば「おいしさ」の評価 $RM[0]$ を取得し、「空腹」の状態 $Mot[1]$ を取得する。

【0243】続く、ステップS4では、(21)式の右辺第1項の値として、「摂食行動」の出現傾向 $Be_i[0]$ を算出する。

【0244】そして、ステップS5において、 $i=3$ か否かについての判別がなされる。すなわち、比較対象となる全ての出現傾向 $Be_i[0] \sim Be_i[2]$ の値が算出されたか否かの判別がなされる。

【0245】ここで、 $i=3$ ではないとき、ステップS6において $i=i+1$ とされ、再び、ステップS3からの処理を開始する。

【0246】このようなステップS1～ステップS6の処理により、排他制御前の値として、摂食傾向 $Be_i[0]$ に続いて、摂水行動傾向 $Be_t[1]$ 及び排泄傾向 $Be_t[2]$ が算出されるようになる。

【0247】そして、ステップS5において、 $i=3$ とされたとき、ステップS7の処理を実行する。ステップS7では、(21)式の左辺の出現傾向 $Be_i[i]$  ( $i=0 \sim 2$ ) が算出される。すなわち、(21)式により、排他制御が考慮された出現傾向 $Be_i[i]$  が算出される。

【0248】続く、ステップS8において、 $Be_i[i]$ の何れかが正の値となっているか否か判断がなされる。ここで、 $Be_i[i]$ の何れかが正の値となっていない場合には、ステップS9において $t=t+1$ として、再びステップS1からの処理を実行する。これにより、(21)式に示すような再帰的な計算がなされるようになる。すなわち、前処理により得られた $Be_i[i]$ が $Be_{i-1}[i]$ とされて計算がなされる。

【0249】一方、ここで、出現傾向 $Be_i[i]$ の何れかが正の値となっている場合には、当該出現傾向 $Be_i[i]$ に対応される行動を実際に出現させる一の行動として選択して、行動の選択処理を終了する。

【0250】以上のように、知覚評価(知覚情報) $RM[i]$ と動機状態(動機情報) $Mot[i]$ とに基づいて、出現傾向 $Be_i[i]$ を求めることができる。

【0251】(3-6-2)知覚情報取得部における処理

次に、知覚評価 $RM[i]$ を取得する知覚情報取得部90と、動機状態 $Mot[i]$ を取得する動機情報取得部81との具体的な構成について説明する。先ず、知覚情報取得部90について説明する。

【0252】知覚情報取得部90は、外部又は内部の情

報(認識結果)に応じて、行動の原因因子とされる知覚情報(評価)を取得する。この知覚情報取得部90は、図23に示すように、行動記憶器91、対象物名記憶器92、対象物決定器93、対象物情報記憶器94及び知覚情報演算器95を備えている。

【0253】行動記憶器91は、選択可能とされる複数の行動が記憶されている。例えば、複数の行動がデータベースとして記憶されている。

【0254】そして、この行動記憶器91は、行動グループ番号(信号)が入力されることにより、比較対象とされる複数の行動を1つの行動グループとして対象物決定器93に出力する。

【0255】例えば、「リンゴを食べる(リンゴの摂食行動)」について例を挙げると次のようになる。

【0256】「リンゴを食べる」の行動を具現化する行動としては、例えば、「リンゴに近づく」、「リンゴのにおいをかぐ」、「リンゴを口に入れる」、「リンゴに触る」等が挙げられる。例えば、「近づく」は、対象物との距離を短くする行動であり、また、「においをかぐ」は、対象物に対して例えば鼻を近づけるという行動であり、「口に入れる」は、対象物を口の中に運ぶという行動、「触る」は、対象物に手(脚)を接触させる行動である。これら「近づく」、「においをかぐ」、「口に入れる」及び「触る」等に対応する行動は、対象物一般に適用可能な行動とされる。すなわち、対象物が「ミカン」の場合において、その距離を短くする行動は、「ミカンに近づく」の行動になり、また、鼻を近づける行動は、「ミカンのにおいをかぐ」の行動になり、口に運ぶ行動は、「ミカンを口にに入れる」の行動になり、また、手を接触させる行動は、「ミカンに触る」の行動になる。

【0257】行動記憶器91は、このような「近づく」等の対象物一般に適用可能な複数の行動情報を1つの行動グループとして対象物決定器93に出力している。すなわち、行動記憶器91は、このような「リンゴを食べる」等の上位の行動を具現化する下位の行動の対象物の情報を抜いて規定された行動名情報を対象物決定器93に出力している。そして、この行動記憶器91から出力される行動名情報は、行動選択演算部82において出現傾向が比較される行動に対応されるものである。よって、互いに抑制する関係にある行動となる。

【0258】このように対象物一般に適用可能な情報としての行動名情報を保持しているのは、対象物が異なる同じ動作について信号(コマンド)を複数定義する必要をなくし、各対象物毎の行動を規定した場合の例えばデータベース等のシステムの肥大を防止して、逆に同様な行動を起こす場合に対象物毎に所作自体に大きな差異はないことによる。なお、特別の行動については、対象物の情報を含めて改めて行動を規定すればよい。

【0259】一方、対象物名記憶器92には、対象物名

が記憶されている。この対象物名記憶器92に記憶される対象物名は、上位の行動において選択された対象物名である。例えば、上位の行動として「リンゴを食べる（リンゴの摂食行動）」が選択された場合には、ロボット装置1がリンゴの存在を認識した場合であり、この場合、「リンゴ」が対象物名として対象物名記憶器92に記憶される。そして、対象物名記憶器92は、対象物名情報（対象物信号）を対象物決定器93に出力する。

【0260】上述の行動記憶器91では、下位の行動について対象物一般に適用可能な行動情報に対象物決定器93に出力しており、この対象物名記憶器92は、その対象物名を対象物決定器93に出力するものである。よって、対象物決定器93では、行動記憶器91から出力される情報（行動名信号）と対象物名記憶器92から出力される情報（対象物信号）とから、比較対象とされる複数の行動が完全な情報として形成される。

【0261】対象物決定器93は、そのように比較可能な形態として複数の行動情報（行動グループ信号）を知覚情報演算器95に出力する。すなわち、対象物決定器93は、行動記憶器91により取得した行動名と、対象物名記憶器92により取得した対象物名とを対応した形（ペア）として知覚情報演算器95に出力する。

【0262】なお、比較対象となる複数の行動の全てが対象物を必要とする行動であるとは限らない。このような場合には、対象物名記憶器92からは、そのような行動に対応して「対象物はない」といった情報を対象物決定器93に出力するようにする。これにより、対象物決定器93では、対象物がない行動の情報として、行動記憶器91から出力された行動の情報を知覚情報演算器95に出力する。

【0263】このように構成されている行動記憶器91、対象物名記憶器92及び対象物決定器93は例えば次のように処理をする。例えば、行動記憶器91は、行動グループ番号“1”が入力されると、行動グループ“1”を構成する“行動（Behavior）0”、“行動1”、“行動2”、“行動3”を対象物決定器93に出力する。一方、対象物名記憶器92は、“行動0”に対応して“食物”を出力し、“行動1”に対応して“水”を出力し、行動グループ“2”に対応して“対象物なし”を出力し、“行動3”に対応して“対象物なし”を出力する。例えば、このような例は、上位の行動が「摂取行動」である場合であり、上述したように、上位の行動が「リンゴを食べる」であれば、この対象物名記憶器92からは“リンゴ”のみが出力される。そして、対象物決定器93では、行動記憶器91から出力された各“行動”と、対象物名記憶器92から出力された“対象物名”とをペアとして、意味のある行動情報として、知覚情報演算器95に出力する。

【0264】入力セマンティクスコンバータモジュール59は、対象物情報記憶器94に対して、ロボット装置

1に入力されてきた知覚に関する情報を出力しており、対象物情報記憶器94では、入力セマンティクスコンバータモジュール59から送られてくる知覚に関する情報が記憶される。すなわち、例えば、対象物情報記憶器94には、対象物とされる「リンゴ」、「リンゴまでの距離」、「リンゴのある方向」等といった、出現傾向の算出に使用する知覚評価のためのパラメータが記憶される。

【0265】知覚情報演算器95は、対象物情報記憶器94からの対象物情報（対象物情報信号）と、対象物決定器93からの行動グループ情報（行動グループ情報信号）とに基づいて、行動選択演算部82において出現傾向が比較される各行動に対応した知覚評価RM[i]を取得する。すなわち、例えば、「リンゴまでの距離」を用いて、「リンゴを食べる（リンゴの摂食行動）」についての知覚評価をしたり、「リンゴに近づく」について知覚評価をしたりする。

【0266】そして、このように知覚情報演算器95により取得された知覚評価RM[i]が行動選択演算部82に出力される。例えば、知覚評価RM[i]は、図19に示すように、ベクトル量として知覚情報取得部90から行動選択演算部82に出力される。

【0267】なお、対象物決定器93から同期信号を対象物情報記憶器94に出力することもできる。同期信号により対象物決定器93の出力と対象物情報記憶器94の出力の同期を取ることができるようになり、これにより、知覚情報演算器95には、対象物決定器93からの行動に対応されるパラメータが所定のタイミングで入力させることができるようになる。

【0268】また、基本的には、ロボット装置1は、この知覚情報取得部90を1つだけ備えるものである。しかし、知覚情報取得部90を、各行動それぞれについてそれぞれに備えることもできる。このような場合には、知覚情報取得部90が1つの行動で対象物一般に適用することのみを考慮すればよいことになることから、行動記憶器91を備える必要がなくなる。例えば、このような例は、後述するような行動選択部を複数のオブジェクトとして構成する場合である。

【0269】この知覚情報取得部90における処理の手順について図24を用いて説明する。

【0270】まず、ステップS11において、行動グループ名の取得がなされる。行動グループ名の取得とは、「リンゴを食べる」の下位行動である「リンゴに近づく」、「リンゴのにおいをかく」等を示す行動グループ名の取得である。

【0271】続いて対象物選択ルーチンが実行される。対象物選択ルーチンでは、ステップS12にて、計算する行動名群の取得がなされる。この行動名群の取得により、行動記憶器91に複数の行動（対象物一般に適用可能な形態の行動情報）が記憶される。例えば、「近づく



く」、「においをかく」等の行動名を規定する情報である。

【0272】また、ステップS13にて、対象物名の取得がなされる。この対象物名の取得により、対象物名記憶器92に上位の行動において取得された対象物名称が記憶される。例えば、「リンゴ」等の対象物の情報である。

【0273】このように対象物選択ルーチンにおいて、行動名群の取得及び対象物名の取得がなされる。続くステップS14において、選択された全ての行動に対して、知覚情報演算器95における知覚評価RM[i]の計算を行ったか否かの判別がなされる。選択された全ての行動に対して知覚評価RM[i]の計算が終了している場合には、当該処理を終了して、選択された全ての行動に対して知覚評価RM[i]の計算が終了していない場合には、知覚評価算出ルーチンが実行される。

【0274】知覚評価算出ルーチンは、知覚情報演算器95において実行されるもので次のような処理からなる。

【0275】ステップS15において、対象物が存在するか否かについての判別がなされる。対象物が存在する場合には、ステップS16に進み、対象物が存在しない場合には、ステップS18に進む。

【0276】ステップS16において、知覚情報演算器95は、対象物情報記憶器94からの対象物についての距離及び方向（知覚評価取得のためのパラメータ）を取得して、ステップS17で知覚評価（Value）RM[i]を算出する。すなわち、例えば、リンゴまでの距離から、「リンゴに近づく」の評価RM[i]を算出する。なお、距離は距離センサ22により検出し、方向はCCDカメラ20の撮像画像等を利用して検出する。

【0277】一方、ステップS18において、知覚情報取得器95は、対象物がない状態にて知覚評価（Value）RM[i]を算出する。例えば、この処理は、知覚評価をする行動が対象物を要しない場合に対応される。

【0278】このような知覚評価算出ルーチンは、上述のステップS14の判別処理において、比較対象とされる全ての行動（行動グループを構成する複数の行動）について、知覚評価RM[i]の計算を行ったと判断されるまで実行される。すなわち、ステップS14の処理と知覚評価算出ルーチンとで、行動グループ内の全ての行\*

\* 動についての知覚評価RM[i]が算出される。

【0279】ステップS14にて、行動グループ内の全ての行動の知覚評価RM[i]が算出されたと判断されると、当該処理が終了する。

【0280】以上のように知覚情報取得部90が構成されており、この知覚情報取得部90により、行動グループにおける比較対象の複数の行動についての知覚評価RM[i]を取得することができる。

【0281】（3-6-3）動機情報取得部における処理

動機情報取得部81は、外部又は内部の情報（認識結果）に応じて変化する本能及び感情の状態に基づいて、行動の原因因子の1つである動機を取得する。この動機情報取得部81は、図25に示すように、本能・感情パラメータIE[p]を複数個（本能・感情パラメータ群）を有し、これにより複数個の行動の動機Mot[i]を取得している。具体的には、次のようにして行動の動機を取得する。

【0282】本能・感情パラメータ群IE[p]は、本能や感情に影響される情報によって構成されており、具体的には、上述したような内的状態モデルによって決定される複数のパラメータから構成されている。すなわち、本能・感情パラメータとして、例えば、「疲れ」、「体内温度」、「痛み」、「飢え」、「乾き」、「愛情」、「服従性」、「好奇心」、「排泄」、「幸せ」、「悲しみ」、「怒り」、「驚き」、「嫌悪」、「恐れ」、「苛立ち」、「退屈」、「眠気」、「社交心」、「根気」、「緊張・リラックス」、「警戒」、「罪」、「悪意」、「誠実さ」、「性欲」、「嫉妬」等が挙げられる。

【0283】また、行動の動機群Mot[i]は、同一の行動グループ内における複数の行動に対応される動機群である。例えば、「摂食行動」についての「空腹」等や「摂水行動」についての「のどのかかわき」等である。

【0284】この動機情報取得部81は、このような本能・感情パラメータIE[p]をマッピングして各行動についての動機Mot[i]を算出する。具体的には、（22）式により算出する。

【0285】

【数22】

$$\begin{bmatrix} \text{Mot}[0] \\ \text{Mot}[1] \\ \vdots \\ \text{Mot}[2] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K[0][0] & K[0][1] \\ K[1][0] & K[1][1] \\ \vdots & \vdots \\ K[i][0] & K[i][1] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K[0][m] \\ K[1][m] \\ \vdots \\ K[i][m] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{IE}[0] \\ \text{IE}[1] \\ \vdots \\ \text{IE}[m] \end{bmatrix} \dots (22)$$

【0286】この（22）式により、本能・感情パラメータIE[p]に係数K[i][p]を掛け合わせて、線形和としてのマッピングにより各行動の動機Mot

[i]を算出する。このような行列式として算出された動機動機Mot[i]は、図19に示すように、ベクトル量として動機情報取得部81から行動選択演算部82

に出力される。

【0287】例えば、「探索」、「ねだる」、「休む」の動機を例に挙げて具体的に説明する。「探索」の動機Mot[0]、「ねだる」の動機Mot[1]及び「休む」

の動機Mot[2]は(23)式として与えられる。

【0288】  
【数23】

$$\text{Mot}[i] = \begin{bmatrix} \text{探索} \\ \text{ねだる} \\ \text{休む} \end{bmatrix} \quad \dots (23)$$

【0289】また、K[i][p]を(24)式に示すように与える。

※【0290】  
※10 【数24】

$$K[i][p] = \begin{bmatrix} -10 & 10 & 0 \\ 0 & 0 & 15 \\ 10 & -5 & 0 \end{bmatrix} \quad \dots (24)$$

【0291】また、本能・感情パラメータIE[p]は(25)式に示すように与える。

★【0292】  
★ 【数25】

$$IE[p] = \begin{bmatrix} \text{疲れ} \\ \text{好奇心} \\ \text{愛情欲} \end{bmatrix} \quad \dots (25)$$

【0293】このような関係から、「探索」、「ねだる」、「休む」の各動機は、(26)式のように示される。

☆【0294】  
【数26】

$$\begin{bmatrix} \text{探索} \\ \text{ねだる} \\ \text{休む} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -10 & 10 & 0 \\ 0 & 0 & 15 \\ 10 & -5 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \text{疲れ} \\ \text{好奇心} \\ \text{愛情欲} \end{bmatrix} \quad \dots (26)$$

【0295】この(26)式では、「探索」は、「疲れ」がマイナス因子として作用し、「好奇心」がプラス因子として作用する本能・感情パラメータの関数となることを示す。また、「ねだる」は、「愛情欲」がプラス因子として作用する本能・感情パラメータの関数となることを示す。また、「休む」は、「疲れ」がプラス因子として作用し、「好奇心」がマイナス因子として作用する本能・感情パラメータの関数となることを示す。

【0296】ここで、第1の例として、本能・感情パラメータIE[p]が[10, 50, 20]の場合について考えてみる。例えば、このような状態は、好奇心が高い状態をいう。このような状態では、「探索」Mot[0]が400(=-100+500+0)となり、「ねだる」Mot[1]が300(=0+0+300)となり、「休む」Mot[2]が-150(=100-250+0)となる。

【0297】第2の例として、本能・感情パラメータIE[p]が[70, 10, 30]の場合について考えてみる。例えば、このような状態は、探し疲れた状態をいう。このような状態では、「探索」Mot[0]が-600(=-700+100+0)となり、「ねだ

る」Mot[1]が450(=0+0+450)となり、「休む」Mot[2]が650(=700-50+0)となる。

【0298】第3の例として、本能・感情パラメータIE[p]が[30, 20, 60]の場合について考えてみる。例えば、このような状態は、疲れがちょっと回復し、愛情欲が高い状態をいう。このような状態では、「探索」Mot[0]が-100(=-300+200+0)となり、「ねだる」Mot[1]が300(=0+0+300)となり、「休む」Mot[2]が200(=300-100+0)となる。

【0299】このようにして、本能・感情パラメータ群IE[p]と係数K[i][m]とから、行動の動機Mot[i]を取得することができる。そして、本能・感情パラメータ群K[i][p]のマッピングを適切に設定することにより、出現傾向RM[i]の取得のための所望の動機Mot[i]を得ることができる。すなわち、例えば、上述の例でいう「のどかわき」、「空腹」といった動機をも得ることができる。

【0300】以上のように動機情報取得部81が構成されており、この動機情報取得部81により、各行動につ

いての動機Mot[i]を取得することができる。この動機情報取得部81により得られる動機は、本能や感情のパラメータ値の変化に応じて変化するものであって、結果として、選択された行動に反映される。例えば、上述の例では次のように、動機が行動に反映されることとなる。

【0301】欲求は、基本的には、時間増加であるため、満たされないと増加する。好奇心が高くなると、ロボット装置1は探索を始める（上述の第1の例）。探索することで歩き回るため、歩いた分だけ疲れが蓄積される。また、好奇心自体も探索することによって減少してくる。しばらく歩き回っても何も入力されないと、好奇心が減少し、疲れが増大することによって、休む行動にスイッチする（上述の第2の例）。しばらくして休むことによって疲れが減少し、時間によって増加してきた愛情欲によってロボット装置1の行動はねだるにスイッチされる（上述の第3の例）。このように、動機が、選択された行動に反映されることがわかる。

【0302】なお、上述した係数K[i][p]の値については、任意に設定することができる。例えば、任意に設定することにより、動機Mot[i]の取得のための本能・感情パラメータIE[p]によるマッピングを種々変化することができるようになる。これにより、係数K[i][p]の設定によっては、ロボット装置1に適用する動物の種類や成長レベル等に対応して、マッピングすることができるようになる。

【0303】以上、知覚評価RM[i]を取得する知覚情報取得部90及び動機状態Mot[i]を取得する動機情報取得部81との具的な構成について説明した。以上のような知覚情報取得部90及び動機情報取得部81によって取得された知覚評価RM[i]及び動機状態Mot[i]により、行動選択演算部82において一の行動の選択がなされる。

【0304】そして、このような行動の選択処理が、最下位の行動層における行動の選択がなされるまで実行される。すなわち、上述の図7に示したように行動選択のためのシステムを階層構造として構築しており、最下位の行動（実際に出力する行動）を決定するまで、各層において上述したように、知覚評価RM[i]と動機情報Mot[i]とによる行動選択処理を実行する。すなわち、図6中（B）に示すように、「摂取行動」はサブシステム層においてした知覚評価RM[i]と動機情報Mot[i]とに基づく行動選択の結果であり、「摂水行動」は、さらに具現化した行動群からなるモード層においてした知覚評価RM[i]と動機情報Mot[i]とに基づく行動選択の結果であり、「水に近づく」は、またさらに具現化した行動群からなるモジュール層においてした知覚評価RM[i]と動機情報Mot[i]とに基づく行動選択の結果であり、「前進する」は、またさらに具現化した行動群からなるモータコマンド層にお

てした知覚評価RM[i]と動機情報Mot[i]とに基づく行動選択の結果である。このような選択処理により、抽象的な行動（願望としての行動）である「摂食行動」が、「前進する」といった実際の行動によって実現されることになる。

【0305】なお、各層における行動の選択において、上述したように、知覚や動機等の原因因子によってその出現傾向が算出されて、それに基づいて一の行動が選択されているが、出現傾向を算出する際に使用する動機情報を全ての層において一律のものを使用してもよい。すなわち、例えば、「摂取行動」が上位の行動とされている場合には、その下位の行動は全て「摂取行動」を実現するためのものであることを考えれば、当該下位の行動は、「飢え（乾き）」の状態を満たすための行動となる。よって、「摂取行動」を実現するための下位の行動は、「飢え（乾き）」の状態が動機の情報（原因因子）となる。

【0306】なお、知覚については、必ずしもそのような関係にはならない。「水に近づく」の知覚情報（外部知覚要素）として「水への距離」が挙げられるが、その「水に近づく」の下位の「前進する」の知覚情報としては、「水のある方向」が最適である場合もあるからである。

【0307】（3-7）モジュレータにおける処理  
モジュレータ72及び後述する出力セマンティクスコンバータモジュール68により、上述したように、行動選択演算部82にて選択された一の行動を実際に出現するための処理がなされる。

【0308】モジュレータ72は、行動選択部80において選択された一の行動と、内的状態モデル部71から出力された代表感情情報（代表感情信号）とから最終的に出現させる行動を決定する。

【0309】ここで、内的感情モデル部71から出力される代表感情情報は、ロボット装置1の現在の感情状態を示すものである。例えば、内的感情モデル部71は、本能（欲求）又は感情のパラメータ値の一番大きい本能又は感情を代表感情情報として出力する。

【0310】モジュレータ72は、このような代表感情に基づいて、行動選択部80において選択された一の行動をいわゆる変調するものである。すなわち、モジュレータ72の処理により、行動において感情が表出されるようになる。

【0311】これにより、例えば、現在の感情をロボット装置1の行動として直接出現させる必要はないが、感情表現を含ませて行動を出現させる場合に有効なものとなる。すなわち、例えば、本当に怒っていない状態であるが、少し怒っているような場合に、行動選択部80により選択された行動に「不機嫌さ」を伴わせる（付加させる）ような場合である。

【0312】モジュレータ72は、上述のような感情に

より変調された選択された一の行動についての情報を、出力セマンティクスコンバータモジュール68に出力する。例えば、モジュレータ72は、行動の情報を抽象的な行動コマンドとして出力セマンティクスコンバータモジュール68に出力する。

【0313】出力セマンティクスコンバータモジュール68は、モジュレータ72からの行動情報に対応する出力を信号処理モジュール61～67に与える。これにより、ロボット装置1は、行動決定システム70において決定された行動を実際のものとして出力する。

【0314】以上、行動決定システム70について説明した。上述のような行動決定システム70により、入力セマンティクスコンバータモジュール59における認識結果に基づいて内的状態モデル部71では、ロボット装置1の本能及び感情の状態などの内的状態を変化させることができる。また、行動選択部80では、認識結果に基づいて、複数の行動からロボット装置1が出現する一の行動を選択することができる。

【0315】そして、モジュレータ72により、内的状態モデル部71により得られた内的状態と行動選択部80により得られた一の行動とに基づいて、感情が付加された行動情報の生成がなされる。そしてモジュレータ72により、感情が付加された行動情報が出力セマンティクスコンバータモジュール68に出力される。

【0316】(4) 出力セマンティクスコンバータモジュールにおける処理

出力セマンティクスコンバータモジュール68は、ロボット装置1のタイプ(例えば、二足歩行型や四足歩行型等)や形状等の情報を保持しており、この情報に応じてモジュレータ72からの行動情報を各信号処理モジュール61～67を制御する。例えば、4足により歩行する本実施の形態のロボット装置1の場合には、出力セマンティクスコンバータモジュール68は、四足歩行型のロボット装置1であることを把握していることから、「前進する」といった行動情報がモジュレータ72から送られてきたときには、その「前進する」を実現するために4本の脚を制御する信号処理モジュールにコマンドを出力する。ここで、出力セマンティクスコンバータモジュール68は、モジュレータ72からの抽象的な行動コマンドによりそのように対応される各信号処理モジュール61～67にコマンドを送る。

【0317】各信号処理モジュール61～67は、出力セマンティクスコンバータモジュール68からのコマンドに基づいて、対応するデバイスを制御する。これにより、上述のような行動決定システム70において決定(選択)された行動が、実際のものとしてロボット装置1の行動として出現されたことになる。

【0318】また、このようなロボット装置1の行動の出現は、姿勢と動作の管理がされたもとにおいてなされている。ロボット装置1の各部は原則的には独立として

動作することはできるが、姿勢と動作を管理することにより所定の動作を独立して動作させることを禁止している。

【0319】ロボット装置1は、図1に示したように、胴体部ユニット2に対して、脚部ユニット3A～3D、頭部ユニット4及び尻尾部ユニット5が連結されて構成されている。これにより、基本的には、ロボット装置1は、選択された行動に応じて、各信号処理モジュールが個別に制御することで各部が独立して動作することができるようになされている。しかし、場合によっては、各ユニットの動作の干渉により、不適切な動作となる場合もある。また、目的とする姿勢或いは動作への遷移が、現在の姿勢から無理なときもある。

【0320】そこで、ロボット装置1は、無理な姿勢や、部位(各ユニット)同士の干渉が起こることを防止すべく、各ユニット間の整合をとり、姿勢と動作の管理をしている。ロボット装置1は、このような姿勢や動作を、図4に示す姿勢管理モジュール61により管理している。

【0321】具体的には、姿勢管理モジュール61は、ロボット装置1は座っている場合において、“前へ歩け”というような命令を受信したときには、「座り状態」から「歩く状態」への遷移させる姿勢遷移経路を探索する。例えば、複数の姿勢や動作を経由して、「座り状態」から「歩く状態」への遷移経路を探索する。そして、「座り状態」から「歩く状態」への遷移経路探索の結果に基づいて、そのような遷移経路上にある姿勢や動作を実行すべく、遷移させる経路の順番に応じて命令を、各信号処理モジュールに出力する。これにより、ロボット装置1は、無理な姿勢や、部位同士の干渉を防止して、目的とする所望の姿勢や動作、すなわち、上述した行動決定システム70において決定された行動に到達することができる。

【0322】以上、ロボット装置1の構成及びその処理について説明した。上述したような構成を備えることにより、ロボット装置1は、動物行動学的なアプローチによって決定された行動を出現させることができるようになる。これにより、ロボット装置1の生物感が一層増し、ユーザ(飼い主)は、ロボット装置1に一層の親近感や満足感を感じるようになる。

【0323】(4) 他の実施の形態

以上、ロボット装置1について最良の実際の形態について説明した。しかし、本発明は、次に述べるような他の実施の形態としても実現することができる。

【0324】上述の実施の形態では、行動決定システム70が最終段の行動の選択を、動機情報をも参照して決定している。例えば、図6中(B)に示す例では、「前進する」が動機情報が参照されて選択されているものである。しかし、最終段の行動選択については、動機情報を除いて決定してもよい。

【0325】すなわち、例えば、図26中(A)及び(B)に示すように、「撮取行動」の下位の行動(動作)となる「水に近づく」さらには、その下位の行動(動作)の「前進する」の選択を、動機情報を除いた情報、例えば対象物までの距離等の知覚情報を参照して選択するものとする。例えば、ある行動(例えば、漠然とした行動)をしようとする場合には、動機がその行動選択に大きく作用し、そして、したい行動をある程度絞り込んだ後は、動機とは切り離して、行動の選択処理(選択思考)がそのような行動を実現するためのものにスイッチするようなものである。すなわち、最終的に選択される動作は、動機の影響を受けることなく決定される点がポイントとなる。そして、そのような最終的に動作を決定する場合に、例えば、知覚情報を使用するということである。なお、モード層の階層は0階層以上であり、モジュール層の階層は1階層であるものとして定義しても良い。

【0326】例えば、上述したような動機情報に基づくことなく動作を決定する部分として、例えば図27及び図28に示すように、動作生成部100を備える。動作生成部100は、行動選択演算部によって選択された行動から、知覚情報等に基づいて、「水に近づく」やその下位の動作とされる「前進」を行動を実現する動作の選択をする。そして、動作生成部100は、選択した動作を、モジュレータ72に出力する。モジュレータ72では、先に説明したように、内的状態モデル部71から送られてくる感情により変調した行動を出力する。

【0327】具体的には、動作生成部100は、図29に示すように、知覚情報取得部90、行動選択演算部102を備えて構成する。例えば、出力セマンティクスコンバータモジュール68からの各種情報が蓄積される対象物情報記憶部94を利用して、行動選択演算部102において動作の選択をする。これにより、動作生成部100は、例えば、「前進する」の際には、対象物情報記憶器94に記憶されている情報である対象物まで距離(例えば、対象物までの距離が10cmである情報)や方向(例えば、対象物が右方向にある情報)の情報のみを利用して、行動選択演算部102において動作の選択を行う。

【0328】また、上述の実施の形態では、行動選択部80によって複数の行動から一の行動を選択している場合について説明した。例えば、行動選択部80では複数の行動の情報を保持しており、これら行動のデータに基づいて一の行動を決定している。しかし、これに限定されるものではない。

【0329】例えば、行動決定システム70は、行動決定する部分をオブジェクト指向により設計することができる。なお、オブジェクト指向として行動決定するシステムを構築する場合でも、上位の行動と下位の行動といったような階層構造としての関係はそのまま用いる。そ

して、行動の選択は、オブジェクト単位として構成される行動グループから当該オブジェクト単位で一の行動を選択するようにする。具体的には、図30に示すように、行動システムにおいて行動の選択を複数の行動選択部(オブジェクト或いはスレッド)80<sub>1</sub>、80<sub>2</sub>、80<sub>3</sub>を階層構造として備えるようにする。

【0330】本例では、図30に示すように、オブジェクトとされる行動選択部が2階層とされてシステムが構築されているが、これに限定されないことはいうまでもない。

【0331】各行動選択部80<sub>1</sub>、80<sub>2</sub>、80<sub>3</sub>は、上述した行動決定システム70が唯一として備える行動選択部80と同様に、知覚情報取得部90、動機情報取得部81及び行動選択演算部82を備える。

【0332】このように構成した場合、上位の行動選択部80<sub>1</sub>が選択した行動に基づいて、下位の行動選択部80<sub>2</sub>、80<sub>3</sub>において行動の選択を行う。ここで、上位の行動の選択は、下位層の一の行動選択部の選択となる。そして、選択された一の行動選択部は、更に下位の行動の選択を行う。

【0333】そして、このような複数の行動選択部80<sub>1</sub>、80<sub>2</sub>、80<sub>3</sub>からなるシステムの最下位に位置される行動選択部が、選択した行動の情報を、上述したような動作生成部100に引き渡す。

【0334】このような、オブジェクト指向として行動決定のためのシステムを構築することにより、行動選択のために常にシステム全体についての処理或いは把握をする必要がなくなり、行動選択の処理負担が軽減されるようになる。また、後に新たな行動を加える場合であっても、そのような新たなオブジェクトを加えるだけで済み、行動選択のためのデータを全て書き換えるといったような手間もかからない。例えば、新たな行動を加える場合とは、学習によって新たな行動を取得した場合や、成長レベルの変化により新たな行動が加わる場合をいう。

【0335】また、図6中(B)或いは図26中(B)に示したサブシステム層(SUBSYSTEM)、モード層(MODE1、MODE2)、モジュール層(MODULE)における各行動グループ構成の具体例は、図31及び図32に示すようになる。

【0336】

【発明の効果】ロボット装置は、外部又は内部情報を検出手段により検出し、検出手段が検出した外部又は内部情報であって、行動に影響する情報とされる原因因子を原因因子取得手段により取得し、原因因子取得手段が取得した原因因子に基づいて、当該原因因子に影響される行動の出現傾向を出現傾向取得手段により取得し、出現傾向取得手段が取得した2つ以上の行動に対応する出現傾向であって、同一グループとされる出現傾向を出現傾向比較手段により比較し、出現傾向比較手段による出現

傾向の比較結果に基づいて、一の行動を行動選択手段により選択し、行動選択手段が選択した行動に基づいて、動作部を動作部制御手段により制御して、当該選択された行動を出現させることにより、原因因子に影響されて決定される出現傾向について比較することで、一の行動を選択しており、動物行動学的なアプローチとしての行動を出現するようになる。

【0337】このようなロボット装置の行動決定方法は、ロボット装置の外部又は内部情報を情報検出工程にて検出手段により検出し、情報検出工程にて検出した外部又は内部情報のロボット装置の行動に影響する情報とされる原因因子を原因因子取得工程にて取得し、原因因子取得工程にて取得した原因因子に基づいて、当該原因因子に影響される行動の出現傾向を出現傾向取得工程にて取得し、出現傾向取得工程にて取得した2つ以上の行動に対応する出現傾向であって、同一グループとされる出現傾向を出現傾向比較工程にて比較し、出現傾向比較工程における出現傾向の比較結果に基づいて、一の行動を行動選択工程にて選択し、行動選択工程にて選択された行動に基づいて、ロボット装置の動作部を動作部制御工程にて制御して、当該ロボット装置に選択された行動を出現させることにより、ロボット装置は、原因因子に影響されて決定される出現傾向について比較することで、一の行動を選択しており、動物行動学的なアプローチとしての行動を出現するようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態であるロボット装置の外観構成を示す斜視図である。

【図2】上述のロボット装置の回路構成を示すブロック図である。

【図3】上述のロボット装置のソフトウェア構造を示すブロック図である。

【図4】上述のロボット装置のソフトウェアのミドルウェア・レイヤの構成を示すブロック図である。

【図5】上行動決定システムの構成を示すブロック図である。

【図6】上記動物行動学的なアプローチによる行動決定をするロボット装置を説明するために使用した図である。

【図7】行動選択部における構築された、複数の行動が階層構造とされた行動選システムを示す図である。

【図8】上述の行動決定システムを構成する各部の機能を説明するために使用した前半の図である。

【図9】上述の行動決定システムを構成する各部の機能を説明するために使用した後半の図である。

【図10】動物行動学的なアプローチによって、知覚及び動機により行動を決定する場合について説明するために使用したブロック図である。

【図11】原因因子によって構成される原因因子状態空間と、原因因子状態空間により規定された行動の出現傾

向が写像される出現傾向空間とを示す特性図である。

【図12】原因因子状態空間を説明するために使用した図である。

【図13】動物行動学的なアプローチを数式化する説明に使用した摂食行動及び摂水行動の原因因子状態空間を示す特性図である。

【図14】動物行動学的なアプローチを数式化する説明に使用した摂食傾向と摂水傾向とから構成される出現傾向空間を示す特性図である。

【図15】原因因子状態空間から写像された値が摂食行動選択領域にある場合（図中（A））と、原因因子状態空間から写像された値が摂水行動選択領域にある場合（図中（B））とを示す特性図である。

【図16】排他制御を説明するために使用した図である。

【図17】動物行動学的なアプローチによる計算式によって実現される行動の選択を説明するために使用した出現傾向空間を示す特性図である。

【図18】ロボット装置の実際の処理による行動の選択を説明するために使用した出現傾向空間を示す特性図である。

【図19】行動選択部を構成する知覚情報取得部と、動機情報取得部と、行動情報選択部との間の情報の流れを示すブロック図である。

【図20】排他制御前の出現傾向の算出を説明するために使用した図である。

【図21】排他制御による出現傾向の算出を説明するために使用した図である。

【図22】出現傾向の算出手順を示すフローチャートである。

【図23】知覚情報取得部の構成を示すブロック図である。

【図24】上述の知覚情報取得部における処理手順を示すフローチャートである。

【図25】動機情報取得部を説明するために使用した図である。

【図26】ロボット装置の他の実施の形態であって、階層構造とされた行動選択システムにおいて下位層における行動の選択が動機によって影響されない場合を説明するために使用した図である。

【図27】上述の他の実施の形態のロボット装置の行動選択演算部及び動作生成部の機能を説明するために使用した図である。

【図28】上述の他の実際の形態のロボット装置の行動決定システムの構成を示すブロック図である。

【図29】動作生成部の構成を示すブロック図である。

【図30】オブジェクトとされた複数の行動選択部を示すブロック図である。

【図31】サブシステム層、モード層、モジュール層における各行動グループ構成の前半の具体例を示す図であ

る。

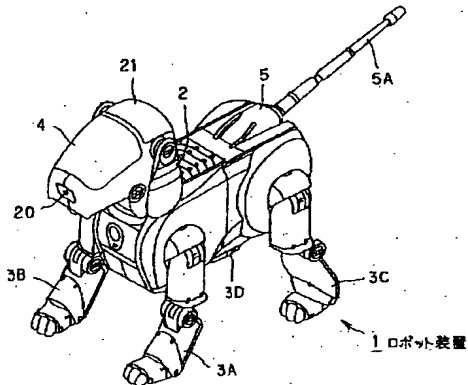
【図32】サブシステム層、モード層、モジュール層における各行動グループ構成の後半の具体例を示す図である。

【符号の説明】

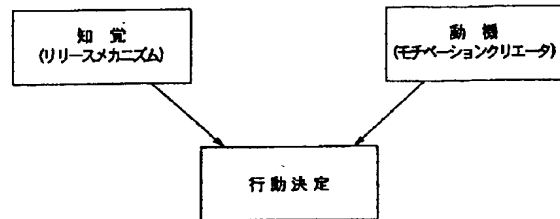
\*

\* 1 ロボット装置、70 行動決定システム、71 内的状態モデル、72 モジュレータ、80 行動選択部、81 動機情報取得部、82 行動選択部、90 知覚情報取得部

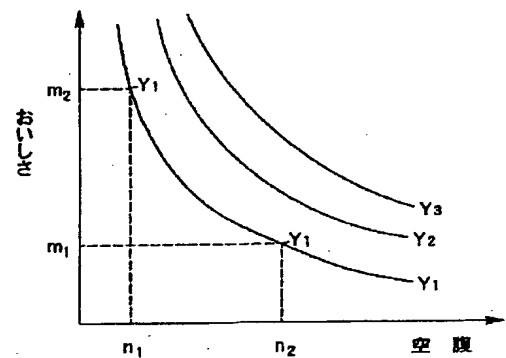
【図1】



【図10】

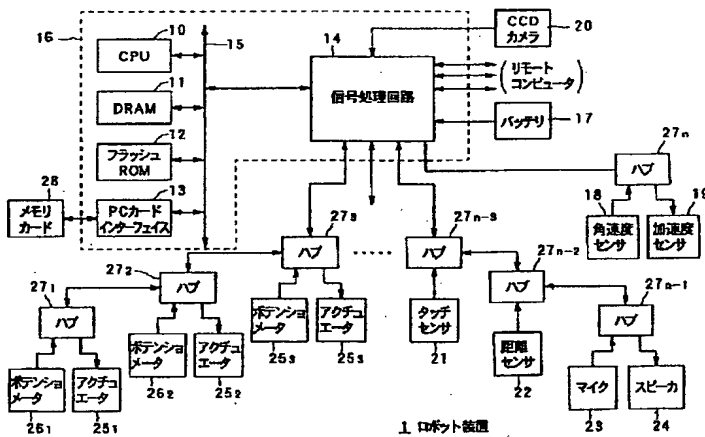


【図12】

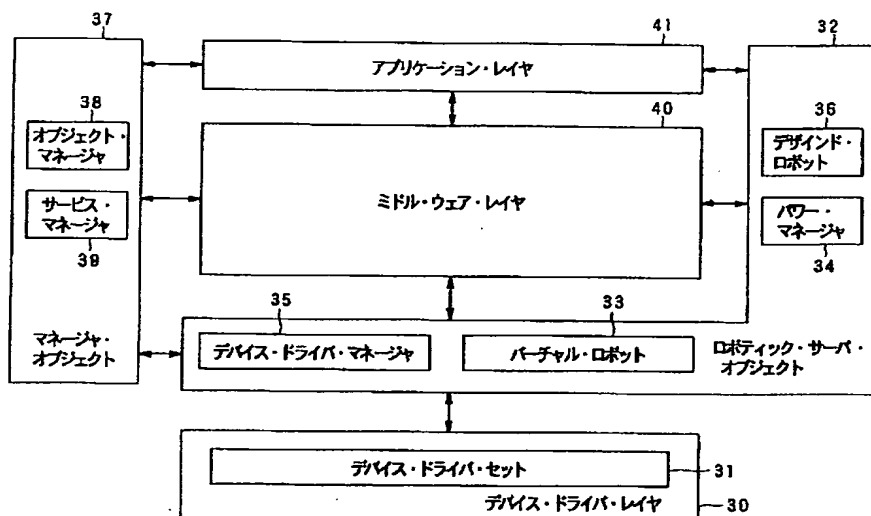


原因因子状態空間

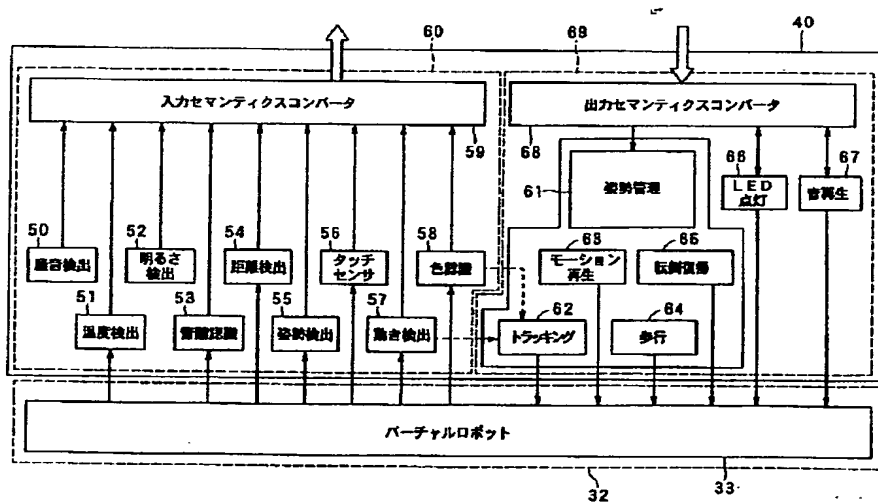
【図2】



【図3】

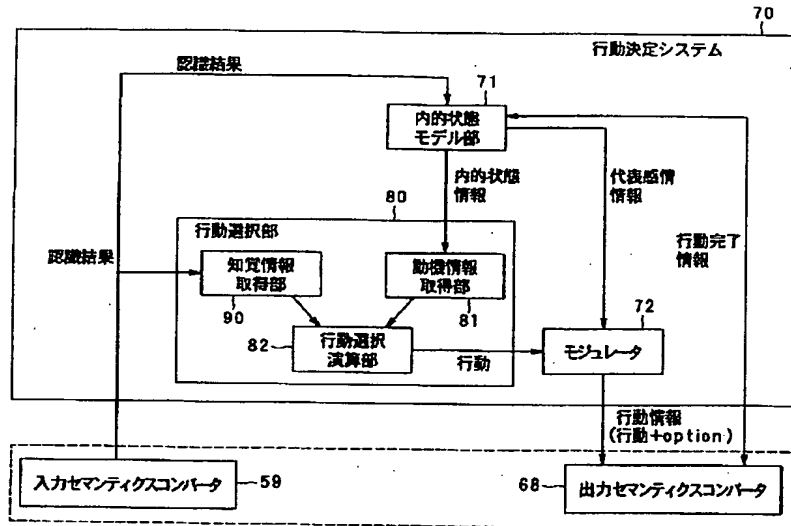


【図4】

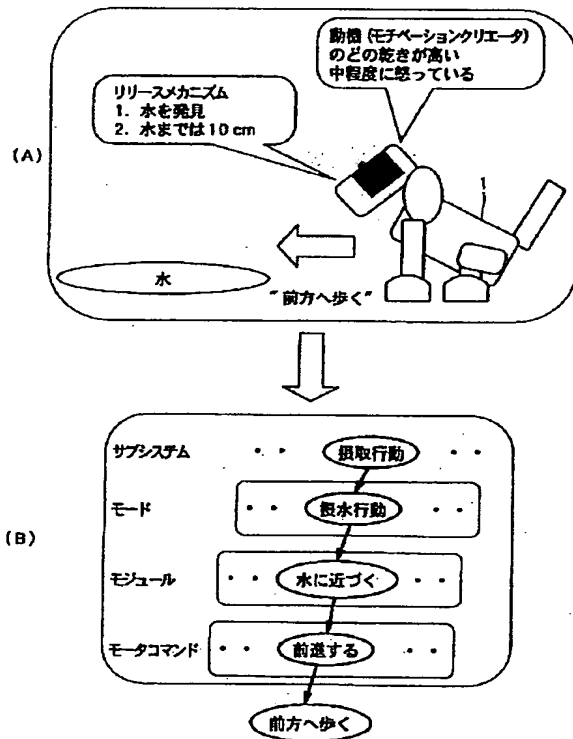




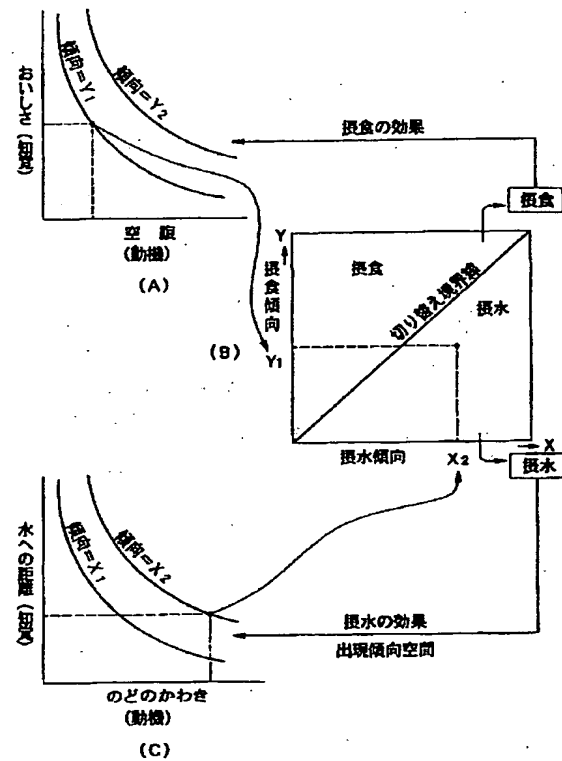
【図5】



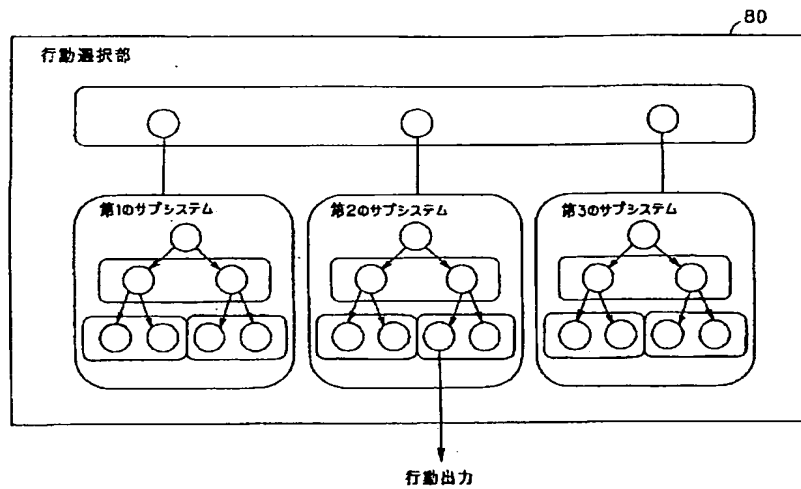
【図6】



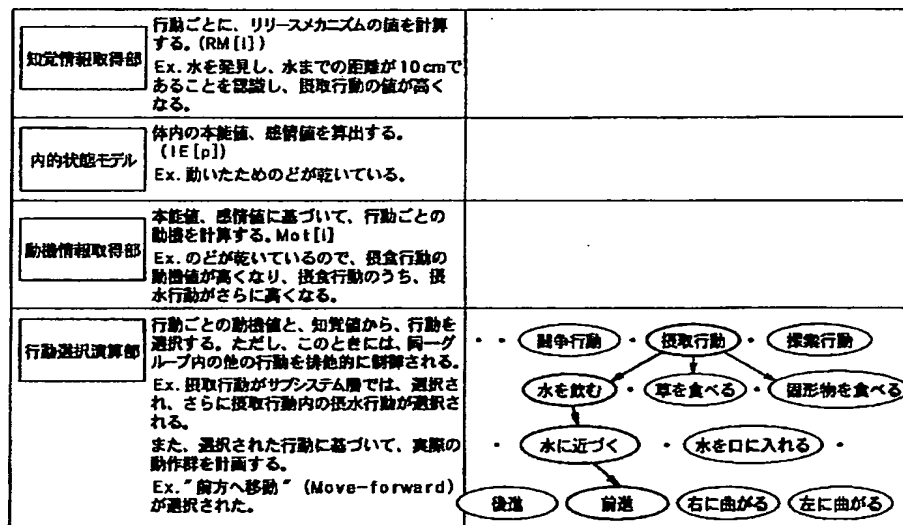
【図11】



【図7】



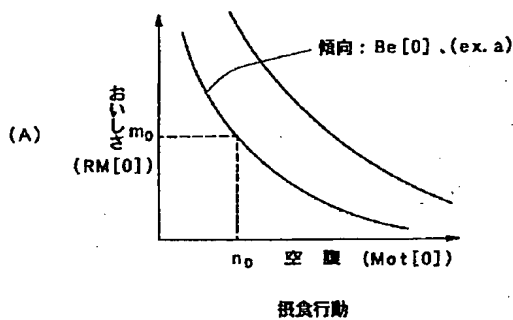
【図8】



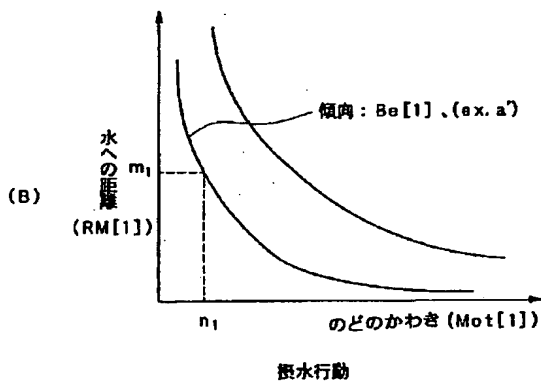
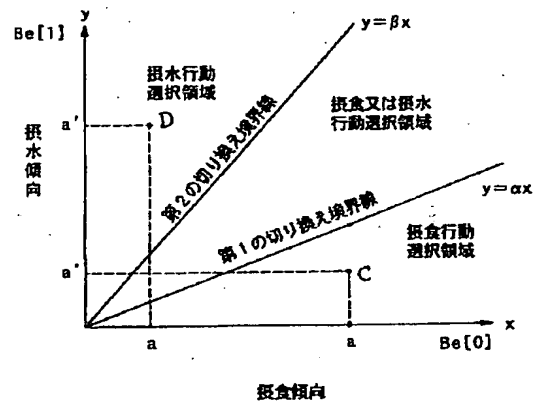
【図9】

モジュール	このモジュールでは、感情状態を選択された行動に対して付加することができる。 Ex. 今、選択された行動を“前方へ移動” (Move-forward) とし、感情状態を Angry の level 100 とする。	input	output
		(Move-forward, 10 cm) (Anger, 100) From IEModel	(Move-forward, 10, Anger, 100)
出力 ゼンディクス コンバータ	行動をロボット装置のタイプに応じた動作列に交換するモジュールである。また、モジュールで付加された感情状態を交換する。 Ex. 今、ロボット装置のタイプは、4 足ロボットである。	(Move-forward, 10, Anger, 100)	(walk-forward, 10, speedlevel, 100)
姿勢管理 モジュール	姿勢管理モジュールは、ロボット装置の姿勢と動作を管理する。現在の姿勢と目的の姿勢・動作の管理を行い、ロボット装置が無理な姿勢や、ロボット装置の部位同士の干渉が起こることを防いでいる。 Ex. ロボット装置は座っているが、“前に歩け”という命令を受信したので、姿勢管理モジュールは、歩くノードとの最短経路を検索し、それらの命令を順次発行する。	(walk-forward, 10, speedlevel, 100)	1. Sitting to Standing 2. (walk-forward, 10, speedlevel, 100)
Motion Replay Motion Generator	姿勢管理モジュールから出力された命令を受信し、ロボット装置のモータに角度指令値を出力する。	1. Sitting to Standing 2. (walk-forward, 10, speedlevel, 100)	

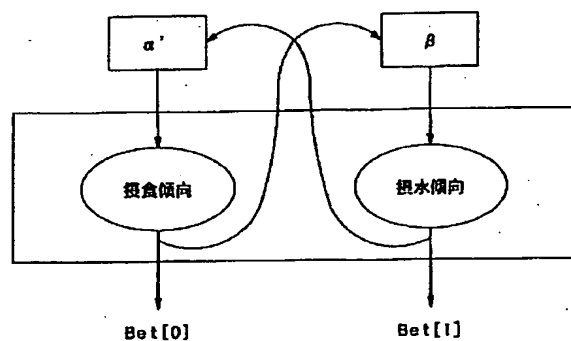
【図13】



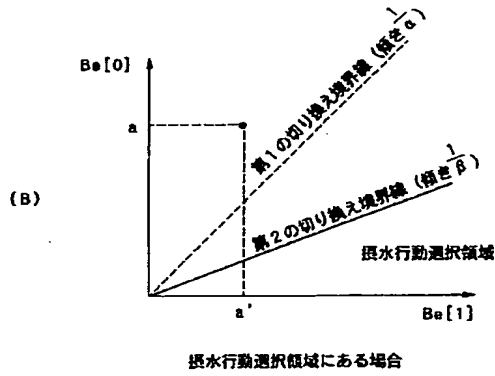
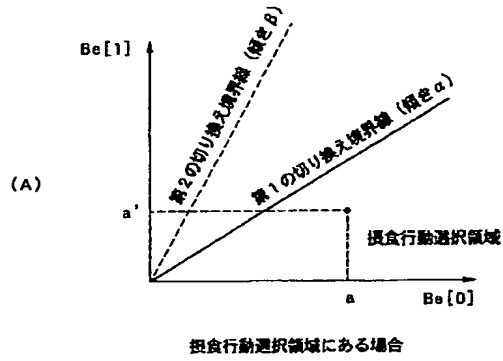
【図14】



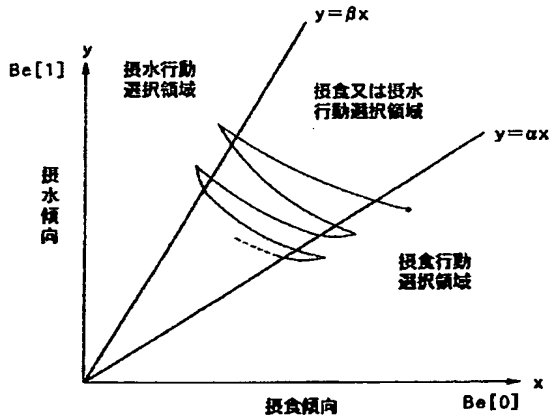
【図16】



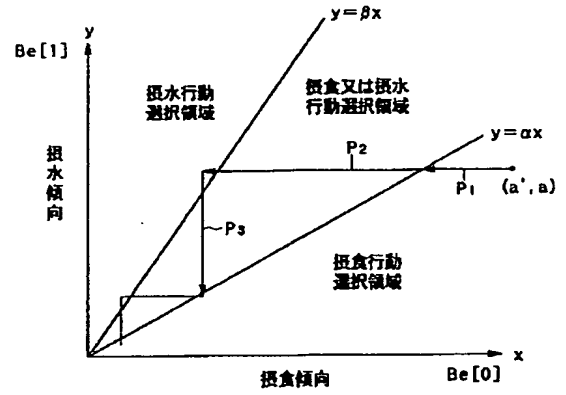
【図15】



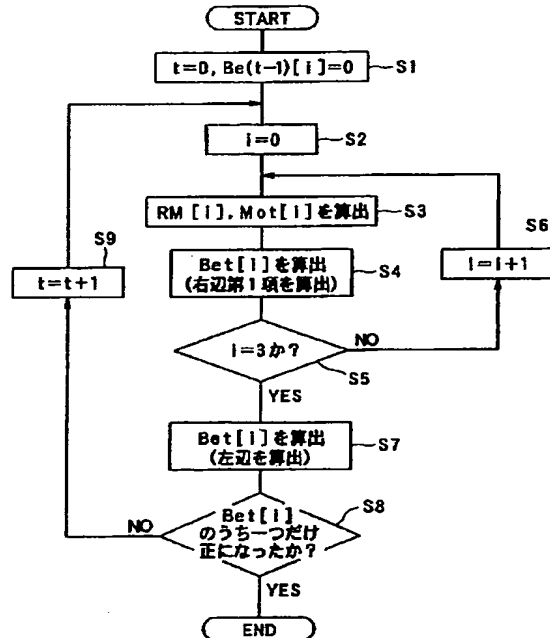
【図18】



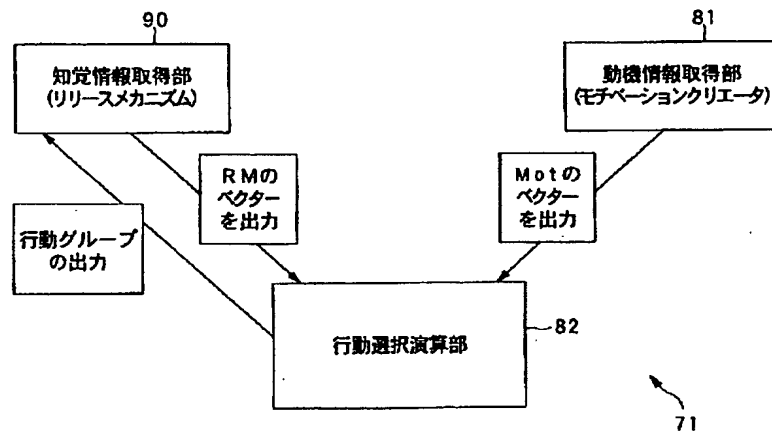
【図17】



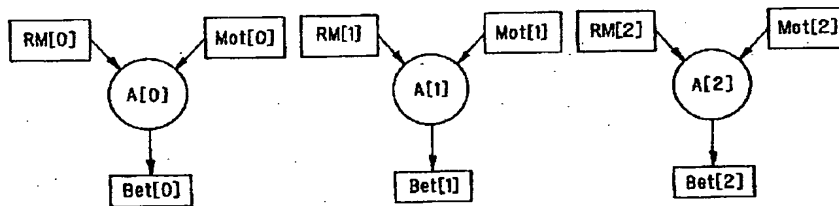
【図22】



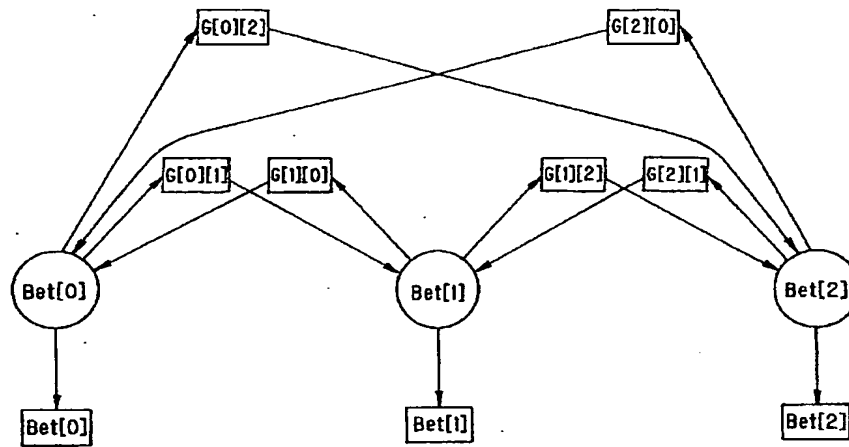
【図19】



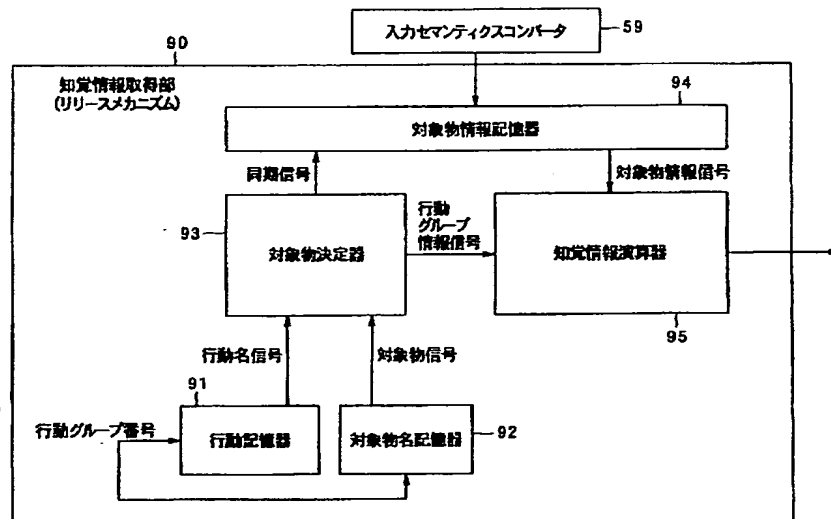
【図20】



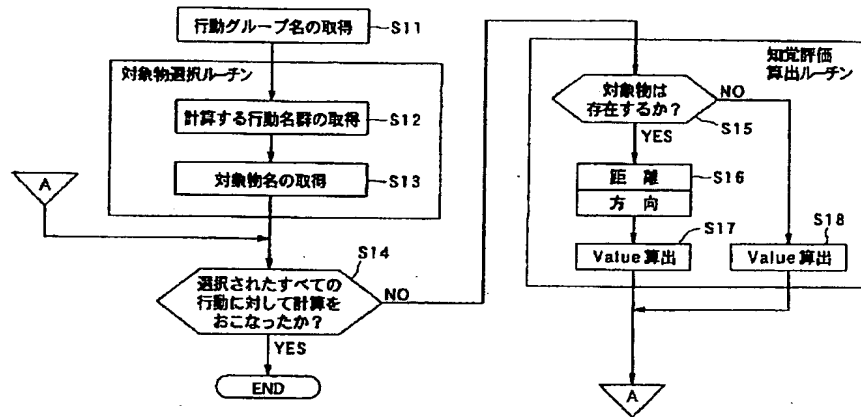
【図21】



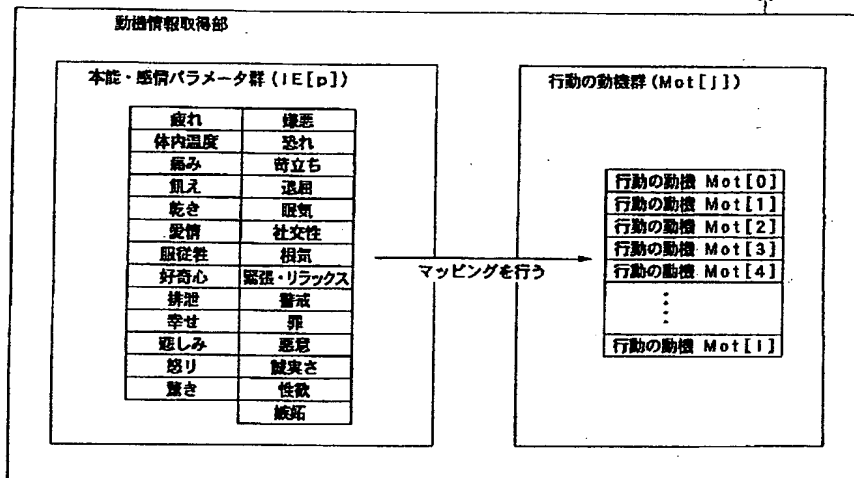
【図23】



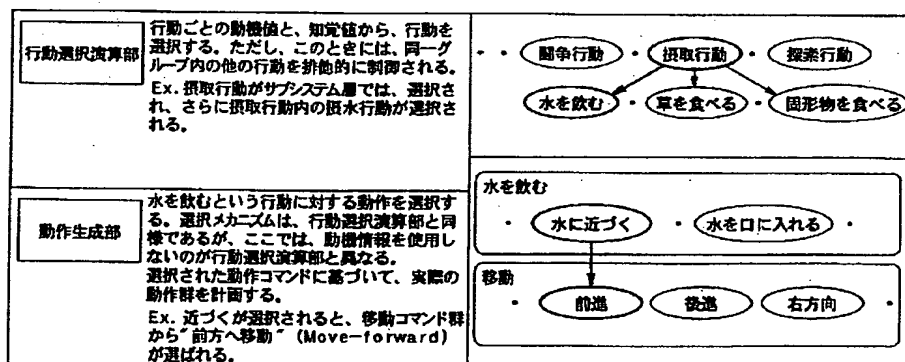
【図24】



【図25】



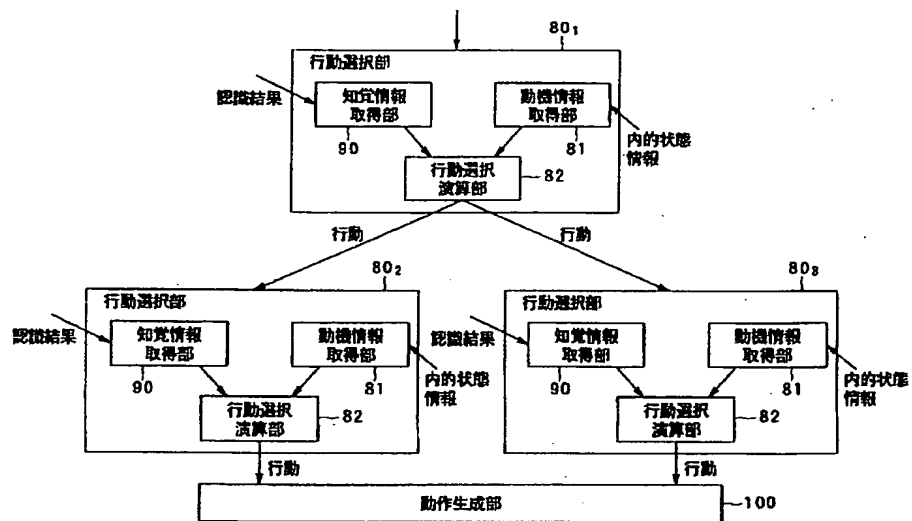
【図27】







【図 30】



【図31】

SUBSYSTEM INVESTIGATIVE (探索)	MODE1	MODE2	MODULE
			Investigative Locomotion 探検歩き
			Head In Air Sniffing 空気ににおいを嗅ぐ
			Sniffing Conspecific 同種のおいを嗅ぐ
			Alert Looking 注視する
			Investigative Nose/Sniff 鼻先を向けて臭いを嗅ぐ
			Scent Tracking におい方向に向く
			Encroaching 近づく
			Pointing その方向を指し示す
			Pre-Sleep Turning 床る前に地面を引っかく
			Dig Den Enlargement 掘って巣を大きくする
			Scratching Self 自分をかき
			Object Rubbing ものにこすりつける
			Rolling on Ground 地面に体を転がす
			Rolling Over Fur 自分の毛皮をかむ
			Shaking Self 自分の体を震わせる
			Licking Self 自分の体をなめる
			Licking Puppy 小犬の体をなめる
			Being Petted かついでいとなでられる
			Nursing 犬乳をすうに飲む
			Regurgitation 吐き戻しする
			Burying Food 食べ物を埋める
			Carry Food to Pups 小犬に食べ物を持ってくる
			Carry Pup to Nest 小犬を巣に持ってくる
			Push Pup with Nose 小犬をハナで押す
			Guarding Nest 巣を守る
			Epimaleto Whining くんくん鳴く
			Whining For Attention 注意を引くためくんくん鳴く
			Yelping For Attention 注意を引くためキャンキャン鳴く
			Tail Wagging Friendly 人懐っこく尻尾を振る
			Licking Face/Hands 顔や手をなめる
			Set-epimaleto Pawing 保護者に對しとんとんとたたく
			Jumping Up 飛びはねる
			Rooting for Nipple 乳房につける
			Close Following Care give 保護者に近づく
			Pack Locomotion 群れで動く
			Stationary Pack Forming 群れで止まって陣列
			Getting Up Together みんなで起きる
			Commune Sleeping みんなで寝る
			Howling in Union 同調して吠える
			Solitary Howling 単独で吠える
			Communal Howling みんなで吠える
			Pack Competition 群れでの競争
			Agonistic Chasing 追いかける
			Fear Biting 咬れてかむ
			Attack Biting 攻撃的に咬む
			Agonistic Snapping/Teeth 競争的に歯で噛みつく
			Agonistic Pawing 競争的にかく
			Agonistic Growling 競争的にうなる
			Agonistic Barking 競争的に吠える
			Agonistic Snarling 競争的に唸るようにうなる
			Tail Wagging Defensive 防衛するために尻尾を振る
			Herd Sequence 群がる
			Agonistic Shaming 競争的に打つ
			Fear Display 恐れを表現する
			Defensive Sitting 防衛のために座る
			Defensive Crouching 防衛するために、すくむ
			Running Away 逃げる
			Defensive Yelling 防衛のためキャンキャン鳴く
			Defensive Tail Down 防衛のため尻尾を下げる
			Defensive Rolling on Back 防衛のため腹をかく
			Move Away From Threat 危険対象から離れる
			Seek Out Human 発見された人間によっていく
			Forepaw on Back 前足で背中をかく
			Ritualized Agonistic Vibe 儀式的に競争的に取っ組み合い
			Assume Dominant Post 支配的な姿勢をとる
			Agonistic Circling 攻撃的に円を描く
			Mounting 乗っかる
			Stare じっと見る
			Remain Stationary 静止したまま
			Submissive Tail Down 服従的にしっぽをたれる
			Assume Submissive Post 服従的な姿勢をとる
			Appeasement 鎮静
			Head Turn Away 顔を背ける
			Submissive Grin 服従的に歯をむく
			Submissive Lip Licking 服従的に口をなめる
			Submissive Remission 服従的に排絶する
			Agonistic Hair Raising 競争的に毛を立てる

【図32】

SUBSYSTEM	MODE1		MODE2	MODULE		
SEXUAL (性的行動)	Male オス			Following Female	メスを追いかける	
				Sexual Wrestling	性行動として取っ組みあう	
				Assume Courtship Post	求愛姿勢をとる	
				Sexual Licking	性行動としてなめる	
				Male Mounting	オスが上に乗る	
	Female メス			Male Claspings	オスが抱きしめる	
				Pelvic Thrusts	骨盤を押す	
				Copulatory Tie	交尾接合	
				Running with Male	オスと走る	
				Nip Male	オスをかむ	
ELIMINATIVE (排泄行動)	Male Micturition	排泄する(オス)		Sexual Wrestling	性行動として取っ組みあう	
				Assume Courtship Post	求愛姿勢をとる	
				Invite Male	オスを誘う	
				Standing for Male	オスを受け入れる	
				Copulatory Tie	交尾接合	
	Female Micturition			Standing Urination	立っておしっこ	
				Raised Leg Urination	足を上げておしっこ	
				Female Micturition	メスの排尿	
				Eliminative Wanders	おしっこするための徘徊	
				Defecation Sequence	排便	
INGESTIVE (摂取行動)				Eliminative Scratching	おしっこした後を引つく	
				Revisit Previous Eliminate	前におしっこした場所に行く	
				Scent Marking	臭いで印をつける	
				Pup Elimination	小犬のおしっこ	
				Lapping Liquids	液体を舐める	
					Eating Solid Food	固形物を食べる
					Chewing Food	食べものをかじる
					Grazing	草を食べる
					Infant Sucking	乳を吸う
					Ingestive Head Shake	頭を振る
COMFORT-SEEKING (安らぎを求める)				Retrieving Food	食べ物をとってくる	
				Lying in Heap	積み重なって寝る	
				Lying Close Together	近づいて寝る	
				Curling Up	丸くなって寝る	
				Sleep Twitching	こっくりこっくりする	
MISCELLANEOUS MOTOR ACTIVITY (その他)				Stretching	伸びをする	
				Yawning	あくびをする	
				Roll Over	横返りを打つ	
				Pain Reaction	痛みに反応	
				Play Greeting	挨拶する	
PLAY (遊び行動)	Play Eliciting	遊びを誘発する		Play Bow	お辞儀する	
				Play Face	顔で遊ぶ(むっごろう?)	
				Exaggerated Approach	大げさにする	
				Approach Withdrawal	引き下がる	
				Play Face Pawing	顔をたたく	
	Play Soliciting	遊びをせがむ			Play Face Licking	顔をなめる
					Play Biting	遊びでかむ
					Social Play Pawing	社会的にかむ
					Playful Chasing	遊びで追いかける
					Playful Being Chased	遊びで追いかられる
MALADAPTIVE BEHAVIOR (異常行動)	Social Play	社会的に遊ぶ		Fetch Play	とってくる	
				Play Stalking	追いかける	
				Play Pouncing	襲う	
				Play Leaping	跳ぶ	
				Playful Circling	集まる	
	Self-directed Play	内面的に遊ぶ		Object Play	Tail Chasing	尻尾を追いかける
					Imaginary Pouncing	じゃれる
					Play Mouth Grasp	口でものをくわえる
					Play Head Shake	頭を振る
					Passive Frustration	無気力なストレス
				Angry Frustration	怒ったときのストレス	
				Growl at Owner	ご主人に向かってうなる	
				Aggression Towards Bat	子鼠に対して攻撃する	
				Separation Anxiety	ぼっといてんか	
				Hyper-Alert	異常警告	
				Predatory Aggression	捕食のための攻撃	
				Rage Syndrome	激怒の症状	

フロントページの続き

(72)発明者 長谷川 里香  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72)発明者 佐部 浩太郎  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72)発明者 ロナルド クレグ アーキン  
アメリカ合衆国 ジョージア州 30332-0280 アトランタ ジョージア工科大学内

THIS PAGE BLANK (USPTO)